



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE ARQUITETURA E URBANISMO



TRABALHO FINAL DE GRADUAÇÃO II

COMO ARQUITETOS E URBANISTAS PODEM SE BENEFICIAR COM O USO DA
ESTEREOSCOPIA: REALIDADE VIRTUAL E IMAGENS 360º

LUCAS SANTOS ARRUDA

Ouro Preto - MG

2018

Lucas Santos Arruda

COMO ARQUITETOS E URBANISTAS PODEM SE BENEFICIAR COM O USO DA
ESTEREOSCOPIA: REALIDADE VIRTUAL E IMAGENS 360º

Trabalho Final de Graduação (2ª Etapa)
apresentado ao Curso de Arquitetura e
Urbanismo da Universidade Federal de
Ouro Preto, como requisito parcial para a
obtenção do grau de Bacharel em
Arquitetura e Urbanismo.

Orientador: Dr. Clécio Magalhães do Vale
Coorientador: Dr. Luiz Fernando Rispoli
Alves

Ouro Preto

2018

A779c

Arruda, Lucas santos.

Como arquitetos e urbanistas podem se beneficiar com o uso da estereoscopia [manuscrito]: realidade virtual e imagens 360° / Lucas santos Arruda. - 2018.

86ff.: il.: color; tabs.

Orientador: Prof. Dr. Clécio Magalhães do Vale.

Coorientador: Prof. Dr. Luiz Fernando Rispoli Alves.

Monografia (Graduação). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Arquitetura e Urbanismo.

1. Ambiente Virtual Imersivo. 2. Ferramentas Estereoscópicas. 3. Representação Arquitetônica. 4. Tecnologia de Projeto. I. Vale, Clécio Magalhães do. II. Alves, Luiz Fernando Rispoli. III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.



ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Em 12 de Dezembro de 2018, reuniu-se a banca examinadora do trabalho apresentado como Trabalho de Conclusão do Curso Arquitetura e Urbanismo da Escola de Minas da UFOP, intitulado: **COMO ARQUITETOS E URBANISTAS PODEM SE BENEFICIAR COM O USO DA ESTEREOSCOPIA: REALIDADE VIRTUAL E IMAGENS 360º**, do aluno(a) **LUCAS SANTOS ARRUDA**.

Compuseram a banca os professores(as) **CLÉCIO MAGALHAES DO VALE** (orientador), **RAFAEL LEMIESZEK PINHEIRO** (avaliador 1) e **MONIQUE SANCHES MARQUEZ**. (avaliador 2). Após a exposição oral, o(a) candidato(a) foi argüido(a) pelos componentes da banca que reuniram-se reservadamente, e decidiram, APROVATE, com a nota 9,0.

Orientador(a)

Avaliador(a) 1

Avaliador(a) 2

Agradecimentos

Primeiramente a Deus, por estar presente em todos os momentos da minha vida e por ter me dado a Vida e o seu Amor.

À minha família que me deu condições de me manter nessa cidade de Ouro Preto durante esses longos anos da minha graduação, sempre me tratando com todo o amor do mundo.

Aos meus companheiros de república, que foram minha segunda família, nesse meu tempo de graduação.

Aos meus amigos e amigas de curso, que fizeram os meus dias mais leves, e tornaram mais fácil suportar a distância de casa.

Aos meus professores, que abriram as portas do conhecimento para que eu pudesse aprender ao máximo e ser um profissional mais completo hoje.

E a todos que contribuíram comigo de alguma forma, seja com conversas, orações, abraços, mensagens, ou pela simples companhia.

Os meus mais sinceros agradecimentos a todos vocês.

RESUMO

O presente trabalho é um estudo das ferramentas de representação arquitetônica que fazem uso da estereoscopia: Imagens e Vídeos 360º Imersivos, Realidade Virtual e Realidade Mista. Começa com uma revisão da representação gráfica na história da Arquitetura e Urbanismo, fala sobre os métodos de representação analógicos e digitais, e do desenvolvimento do projeto arquitetônico. Depois comenta sobre algumas das ferramentas gratuitas que fazem uso da estereoscopia que podem ser usadas no campo da Arquitetura e Urbanismo, fazendo uma comparação entre elas. A seguir mostra que as estratégias de projeto estão diretamente ligadas as tecnologias disponíveis de cada época, e sobre os benefícios do trabalho colaborativo. Continuando com exemplos de aplicações de ferramentas estereoscópicas em diferentes tipos de projetos e comentando sobre seu uso no ensino-aprendizagem da Arquitetura e Urbanismo. Findando com as considerações finais, sugestões para um novo software e sugestões para a popularização da estereoscopia no Brasil.

Palavras-chave: Ambiente Virtual Imersivo. Ferramentas Estereoscópicas. Representação Arquitetônica. Tecnologia de Projeto.

ABSTRACT

The present work is a study of the tools of architectural representation that make use of stereoscopy: Immersive 360° Images and Videos, Virtual Reality and Mixed Reality. It begins with a review of the graphical representation in the history of Architecture and Urbanism, talks about the analogical and digital representation methods, and the development of the architectural project. Then comment on some of the free tools that make use of stereoscopy that can be used in the field of Architecture and Urbanism, making a comparison between them. Next shows that the project strategies are directly linked to the technologies available from each era, and about the benefits of collaborative work. Continuing with examples of applications of stereoscopic tools in different types of projects and commenting on their use in the teaching-learning of Architecture and Urbanism. Ending up with the final considerations, suggestions for a new software and suggestions for the popularization of stereoscopy in Brazil.

Key-words: Immersive Virtual Environment. Stereoscopic Tools. Architectural Representation. Project Technology.

Lista de ilustrações

Figura 1 - Representação arquitetônica na Mesopotâmia. C. 2450 a.C.....	17
Figura 2 - Exemplo de planta desenhada "a mão" e em CAD	20
Figura 3 - Exemplo de imagem para efeito estereoscópico	26
Figura 4 - Exemplo de visualização de uma imagem 360° no smartphone	27
Figura 5 - Logo do Meu Passeio Virtual.....	28
Figura 6 - Logo YouTube	28
Figura 7 - Logo Câmera Cardboard	29
Figura 8 - Realidade Virtual x Mídia 360° Imersiva	30
Figura 9 - HTC Vive. Headset para PC.....	31
Figura 10 - VR Shinecon. Headset para Smartphone	31
Figura 11 - Logo Kubity	32
Figura 12 - Logo Sketchfab.....	33
Figura 13 - Logo ENTiTi AR / VR Exporter	34
Figura 14 - Logo Planner 5D	34
Figura 15 - Templo da Sagrada Família	43
Figura 16 - Templo da Sagrada Família (interior).....	43
Figura 17 - Fotomontagem composta pela imagem fotográfica do edifício (esquerda), o modelo da superfície com acabamento (centro) e sua forma geométrica desenvolvida em wireframe (direita)	45
Figura 18 - Edifício da National Nederlanden: modelagem utilizando as splines e as B-splines.....	45
Figura 19 - Museu Guggenheim, Bilbao	47
Figura 20 - Museu Guggenheim, em Bilbao: modelo em wireframe, elaborado no CATIA.....	47
Figura 21 - Infraestrutura do Maquetteer (esquerda) e o tipo de ambiente imersivo de realidade virtual proporcionado pelo Maquetteer (direita).....	52
Figura 22 - Exemplo de projeto no Meu Passeio Virtual.....	54
Figura 23 - QR Code para o exemplo de projeto no Meu Passeio Virtual	54

Figura 24 - Ambiente 360º não renderizado	55
Figura 25 - Ambiente 360º renderizado em alta definição	55
Figura 26 - Exemplo de projeto hidráulico com paredes semitransparentes.....	56
Figura 27 - QR Code para o exemplo de projeto no Meu Passeio Virtual	56
Figura 28 - Exemplo de projeto de iluminação: Quarto da Laura.....	57
Figura 29 - QR Code para o exemplo de projeto no Youtube	57
Figura 30 - Demonstração-1 do Planner 5D.....	58
Figura 31 - Foto 360º do Campus da UFOP, capturada com o app Câmera Cardboard	58
Figura 32 - Exemplo de projeto paisagístico no ENTiTi	59
Figura 33 - Busca de projeto no app do ENTiTi para Android	59
Figura 34 - Exemplo de projeto de acessibilidade: Escadas com rampas	61
Figura 35 - QR Code para o exemplo de projeto no Sketchfab	61
Figura 36 - Mesa de realidade aumentada	64
Figura 37 - AirSketching.....	64
Figura 38 - Laboratório de Realidade Virtual	65

Lista de quadros

Quadro 1 - Linha do tempo	25
Quadro 2 - Comparativo das ferramentas estereoscópicas - Imagens 360º	36
Quadro 3 - Comparativo das ferramentas estereoscópicas - Realidade Virtual....	37
Quadro 4 - Modelos de aplicações da RV na arquitetura e urbanismo: Representação, Simulação e Avaliação	51
Quadro 5 - Comparativo dos dispositivos de Realidade Virtual	73

Lista de abreviaturas e siglas

AV – Ambiente Virtual

AVI – Ambiente Virtual Imersivo

APP – Aplicativo

BIM – Building Information Modeling – Modelagem da Informação da Construção

CAD – Computer-Aided Design – Desenho Auxiliado por Computador

RM – Realidade Mista

RV – Realidade Virtual

RV-PC – Realidade Virtual para Computador

RV-S – Realidade Virtual para Smartphone

VDS – Virtual Design Studio – Ateliê Virtual de Projeto

Sumário

Introdução	13
Justificativa	14
Objetivos	14
Objetivo Geral	14
Objetivos Específicos	15
Metodologia	15
Capítulo 1 – Uma abordagem histórica	16
1.1 Representação gráfica na Arquitetura	16
1.2 O desenho analógico e o desenho digital	19
1.3 O projeto arquitetônico	22
1.4 Linha do tempo	24
Capítulo 2 – O potencial da estereoscopia	26
2.1 Imagens 360º Imersivas	26
2.1.1 Meu Passeio Virtual	28
2.1.2 Youtube	28
2.1.3 Câmera Cardboard	29
2.1.4 Câmeras Omnidirecionais.....	29
2.2 Realidade Virtual (RV)	30
2.2.1 Kubity	32
2.2.2 Sketchfab	33
2.2.3 ENTiTi AR / VR Exporter	34
2.2.4 Planner 5D	34
2.3 Realidade Mista (RM)	35
2.4 Quadros comparativos	35

2.4.1 Imersão	38
2.4.2 Possibilidade de movimentação	38
2.4.3 Possibilidade de interação	39
2.4.4 Possibilidade de adição de legendas e comentários	39
2.4.5 Nível de integração do computador com o smartphone	40
2.4.6 Facilidade de configuração e uso do software	40
2.4.7 Compatibilidade com outros programas	40
2.4.8 Necessidade de periféricos	40
2.4.9 Preço	40
Capítulo 3 – Projetando com estereoscopia	42
3.1 As tecnologias disponíveis, e as estratégias de projeto possíveis	42
3.1.1 O trabalho colaborativo	48
3.2 A Estereoscopia nos projetos de arquitetura	50
3.3 Comentários sobre estratégias de projetos usando estereoscopia	54
3.3.1 Projeto Arquitetônico	54
3.3.2 Projeto Elétrico e Hidráulico	55
3.3.3 Projeto de Iluminação	56
3.3.4 Projeto de Interiores	57
3.3.5 Projeto de Paisagismo	58
3.3.6 Projeto de Urbanismo e Parcelamento do Solo	59
3.3.7 Projeto de Restauro e Conservação do Patrimônio	59
3.3.8 Projeto de Acessibilidade	60
3.3.9 Projeto de Cenografia	61
3.4 Ensino-Aprendizagem de Arquitetura e Urbanismo	62
3.4.1 A inclusão de realidade virtual nas universidades	64

3.4.2 A adaptação dos docentes e discentes às novas tecnologias	65
Capítulo 4 – Considerações Finais.....	68
Sugestões para um novo software	72
Sugestões para popularização da estereoscopia no Brasil.....	75
Referências	77
Teses de Doutorado, Mestrado, Monografias, Revistas e Artigos.....	77
Sites.....	79
Fontes da Linha do tempo.....	83

Introdução

O presente trabalho é um incentivo a aplicação de ferramentas estereoscópicas - Realidade Virtual (RV) e Imagens 360° - na representação de projetos de arquitetura, utilizando-se para isto, de programas e plug-ins gratuitos, e de um headset – óculos de realidade virtual - para smartphone.

O interesse é saber quais as possibilidades geradas pelos softwares gratuitos disponíveis no mercado atualmente, quais demandas eles atendem dos arquitetos e estudantes de arquitetura e urbanismo, e por quais melhorias os softwares ainda precisam passar para atenderem melhor a área da arquitetura e urbanismo.

O Capítulo 1 aborda a questão da representação gráfica na arquitetura ao longo da história, passando pelas técnicas de representação em perspectiva e pelo desenho técnico. Depois, entra em foco os modos de representação do desenho analógico e do desenho digital. Adiante, comenta sobre o projeto arquitetônico, e do seu desenvolvimento. Por fim, é representada uma linha do tempo sintetizando as informações anteriormente expostas.

O Capítulo 2 apresenta o conceito de estereoscopia e o seu potencial, discorrendo sobre as Imagens e Vídeos 360° Imersivos, Realidade Virtual, e Realidade Mista; e apontando algumas das ferramentas gratuitas disponíveis para trabalhar com essas tecnologias. Termina com um quadro comparativo entre as funcionalidades que essas ferramentas oferecem.

O Capítulo 3 trata de como as tecnologias disponíveis influenciam as estratégias de projeto de cada época, de como a estereoscopia pode ser aplicada na profissão de Arquitetura e Urbanismo e os benefícios que ela traz na representação, apresentação, avaliação ou simulação de projetos arquitetônicos. Comentando como ela pode ser aplicada em diferentes tipos de projetos, com alguns exemplos, e de como ela pode ser aplicada no ensino-aprendizagem da Arquitetura e Urbanismo.

O Capítulo 4 traz as considerações finais, fazendo uma análise crítica de tudo o que foi exposto neste trabalho até então, apresenta sugestões para um novo software

objetivando um atendimento melhor às demandas dos arquitetos e urbanistas e faz sugestões para a popularização da estereoscopia no Brasil.

A realidade virtual não é o futuro, ela já é o presente. O futuro somos nós que construímos.

Justificativa

As novas tecnologias nos propiciam uma série de vantagens que ainda não estão sendo completamente aproveitadas pelos profissionais e estudantes das áreas de arquitetura e urbanismo.

A partir delas é possível gerar maior imersão, sustentabilidade, economia de materiais, diminuir deslocamento de clientes e aumentar a satisfação dos mesmos.

Rebello (1999, p.14 e 16) afirma que "Através de sistemas de RV é possível obter uma economia tanto de tempo quanto financeira através de previsões e/ou simulações de projetos" e que "Para estimular o uso da RV devem ser apresentados exemplos de possíveis aplicações utilizando esta tecnologia".

A Realidade Virtual, como esclarece Cunha (2017, p. 66), "pode ser útil na fase de concepção do projeto, como pode facilitar a construção do edifício, podendo ser testada previamente a segurança, estudada a logística, a produtividade e as necessidades de gestão da construção e facilitar determinadas decisões construtivas".

Objetivos

Objetivo Geral

O objetivo geral do trabalho é incentivar a aplicação da estereoscopia em projetos de arquitetura, verificando os benefícios que ela agrega e as possíveis novas estratégias de projeto que ela proporciona aos arquitetos e estudantes de arquitetura e urbanismo.

Objetivos Específicos

Os objetivos específicos abrangem conhecer e avaliar as ferramentas de RV e produção de Imagens 360º possíveis de serem usadas no campo da arquitetura e urbanismo.

Verificar as novas estratégias de projeto proporcionadas por essas ferramentas.

Discutir o impacto das novas tecnologias no campo da arquitetura e urbanismo.

Incentivar a popularização das novas tecnologias que fazem o uso da estereoscopia em projetos, vendas, apresentações e registros arquitetônicos.

Metodologia

Foi realizada uma revisão da representação gráfica na arquitetura, dos métodos de representação analógico e digital, e sobre o desenvolvimento do projeto arquitetônico.

A seguir foi feito um levantamento e experimentação de algumas ferramentas gratuitas que permitem usar a tecnologia da estereoscopia na Arquitetura e Urbanismo e feita uma avaliação delas.

Prosseguindo com comentários de como as tecnologias disponíveis influenciam as estratégias de projeto, exemplos de aplicações da estereoscopia em diferentes tipos de projetos, e abordou-se o espaço das novas tecnologias no ensino-aprendizagem da Arquitetura e Urbanismo.

Capítulo 1 – Uma abordagem histórica

1.1 Representação gráfica na Arquitetura

De acordo com Airton Cattani (2006) foi nos primórdios da civilização que a arquitetura teve sua origem, quando a caverna passou a não mais suprir as necessidades do homem primitivo e este passou a promover intervenções no entorno físico imediato, adequando-o à novas necessidades.

Segundo o raciocínio de Cattani (2006), a construção de espaços habitáveis não-naturais para suprir as deficiências do ambiente natural é associada ao desenvolvimento humano. No começo é provável que a transmissão de ideias entre os construtores era feita de modo totalmente verbal, ficando os registros apenas na memória dos envolvidos na construção em questão. Com a especialização das tarefas surgiu a necessidade de um meio de registrar as intervenções no espaço para que estas pudessem ser consultadas posteriormente, tanto pelo próprio autor, quanto por outras pessoas.

Os primeiros registros gráficos de informações, tanto relativos à escrita (cuneiforme) quanto à Arquitetura (Figura 1), são datados por volta de 2450 a.C. na Mesopotâmia (OLIVEIRA¹, 2002, apud CATTANI, 2006). Mas só “É a partir do século XIII que se pode falar em um sistema gráfico específico, unificado e sistemático para a Arquitetura, passando a haver correspondência mais estreita entre o desenho e a obra” (SAINZ², 1993, p.199 apud CATTANI, p.113, 2006).

¹ OLIVEIRA, Mário Mendonça de. **Desenho de arquitetura pré-renascentista**. Salvador: EDUFBA, 2002.

² SAINZ, Jorge. **El dibujo de arquitectura: teoría e historia de un lenguaje gráfico**. Madrid: Nerea, 1993.

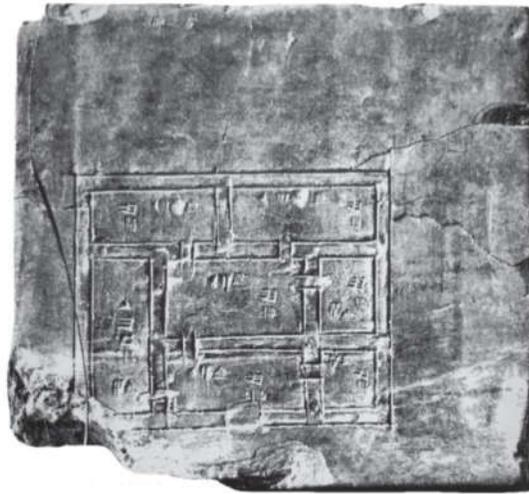


Figura 1 - Representação arquitetônica na Mesopotâmia. C. 2450 a.C.
Fonte: OLIVEIRA, 2002 apud CATTANI, 2006

Contribuíram para produzir uma linguagem de representação para a Arquitetura as técnicas de representação em perspectiva adotadas por Filippo Brunelleschi, (1377/1446) e Leon Batista Alberti (1404/1472). Com a existência de um modelo para representar a obra podia-se testar, analisar e avaliar diferentes alternativas sem ser necessário construir efetivamente a obra (CATTANI, 2006).

Alves (2009, p.7) comenta que

Segundo Flores³ (2007), Brunelleschi teria iniciado suas experiências por volta de 1413, com alguns experimentos com painéis e espelhos, que permitiam simular a transposição de paisagens tridimensionais para o bidimensional. Tratava-se da origem da primeira representação em perspectiva, como também da conquista da representação da profundidade.

Ainda de acordo com Flores (2007), em 1435 outro artista renascentista, Leon Battista Alberti, escreveu o tratado intitulado *De Pictura*, que além de instituir algumas regras importantes para a pintura, trazia a metáfora do quadro como uma “janela para o mundo”, definitiva para as técnicas de construção em perspectiva que se seguiriam.

³ FLORES, Claudia. **Olhar, saber, representar**: sobre a representação em perspectiva. São Paulo: Musa Editora, 2007

A representação gráfica do espaço e a atividade de projetar foram ganhando importância e

Já no século XVIII, Gaspard Monge (1746/1818), através da geometria descritiva, estabelecia as bases do sistema projetivo até hoje empregado na representação gráfica exata do espaço.

Desenvolvida e aprimorada durante séculos, a representação da Arquitetura transformou-se e transformou a própria profissão de arquiteto, reforçando-lhe o caráter intelectual (CATTANI, 2006, p.113).

Com o fortalecimento do sistema industrial capitalista, o projeto arquitetônico, objetivando antecipar a obra arquitetônica concluída, já se aparentava com os projetos usados atualmente, consolidando a profissão de Arquiteto institucionalmente (CATTANI, 2006).

De acordo com Mariana Cunha (2017, p.105):

O desenho técnico surge na época do Renascimento introduzindo a ideia de infinito traduzida pela manipulação do ponto de fuga. Esta evolução da representação leva também à criação de modelos físicos tridimensionais e estes vieram para se poder fazer notar a distinção entre o arquiteto e o mestre de obras medieval. A inserção da tecnologia, na revolução industrial e a sua grande evolução no início dos anos 60, despoletou a criação dos primeiros sistemas CAD (Computer-Aided-Design ou Desenho Assistido por Computador). Com o avanço tecnológico nas décadas seguintes, surgem programas como o Autocad, o Sketchup e o 3DStudioMax (programas de auxílio ao desenho técnico e à modelação tridimensional, utilizados atualmente). Aquando⁴ abordado o tema do desenho digital, entendeu-se que, dois dos seus principais atributos em relação ao desenho 'tradicional' são a escala e a área da folha do desenho.

O desenho técnico por ser "linear e preciso, pelas suas qualidades de representação analógica, tornou-se o fio condutor do processo de construção da

⁴ **Aquando:** Termo pouco usado no Brasil, mas de uso frequente em Portugal. Denota ocasião temporal; em qual circunstância; ao mesmo tempo que. Fonte: <www.dicio.com.br/aquando/>. Acesso em 25 set. 2018.

arquitetura, constituindo-se no elemento principal de um projeto arquitetônico” (CATTANI, 2006).

1.2 O desenho analógico e o desenho digital

James Steele⁵ (2001) citado por Alves (2009, p.4)

Conclui que existem hoje três principais correntes ou formas de projetar em arquitetura: 1.a que se utiliza dos recursos de desenho tradicional, feitos à mão; 2.a que se utiliza do computador como propulsor da criação e da invenção do projeto; e 3.a que, de forma híbrida, se vale da mistura das duas anteriores possibilitando, como as outras duas, métodos muito particulares de utilização e interação entre os meios analógico e digital.

Alves (2009, p.4) acredita que o modo de projetar influencia no resultado do projeto, indicando que novos procedimentos podem ser a base para novas arquiteturas “com concepções inovadoras e diferenciadas em relação a tudo que foi feito até então. Sugere-se aqui que o ambiente digital permite a exploração de uma realidade criada a partir de novos paradigmas espaciais e mesmo metodológicos”.

Na primeira corrente, do desenho analógico, o croqui se apresenta como “a ligação mais direta entre a concepção do projeto (idealização) e a obra (realidade)”. Ele antecipa o projeto arquitetônico “possibilitando ao arquiteto demonstrar de forma quase instintiva, como ele vê o mundo e a realidade, existente ou não” (ALVES, 2009, p.6 e 7).

Ainda na corrente do desenho analógico, a perspectiva baseia-se

Numa regulamentação geométrica que controla a profundidade das vistas e, por isso, a graduação sistemática e hierárquica dos objetos no espaço. O seu fim está na construção de um aparelho ilusório que escolhe o perceptível nas funções de representação em termos ilustrativos (ALVES, 2009, p.8).

Na corrente do desenho digital Alves (2009, p.10) relata que

⁵ STEELE, James. *Arquitectura y revolución digital*. México: Gustavo Gili, 2001.

Ao longo da década de 1980, os programas de computador específicos para desenho arquitetônico se multiplicaram e passaram a fazer parte do cotidiano da maioria dos escritórios de arquitetura, agilizando a produção dos desenhos. Já os anos 1990 assinalaram novos avanços, a partir dos quais os espaços virtuais possibilitam cada vez mais simulações a serem apreendidas pelos sentidos, em intensidade muito próxima à realidade.

Steele (2001, apud ALVES, 2009, p.11) comenta que

Estaríamos vivendo, de acordo com o autor, o início de uma nova era arquitetônica, onde a metodologia de projeto passa a sofrer importantes transformações e os resultados acabam por apontar novos rumos e possibilidades para a arquitetura. Trabalha-se sobre a hipótese de que em pleno começo do século XXI estaríamos agora sob o paradigma, não mais da revolução industrial, mas da revolução ambiental e da revolução digital. A partir da compreensão do potencial criativo ampliado pelas ferramentas fornecidas pelo ambiente digital uma nova linguagem arquitetônica irá aos poucos se estabelecer, criando novas expressões e novos espaços.

Atingimos a fase em que o computador não é mais apenas usado para fazer o mesmo desenho feito à mão de forma mais rápida e precisa (Figura 2), os projetos digitais tem uma nova dimensão, que modifica a percepção espacial, permitindo uma visualização atualizada a cada novo passo ou decisão do projetista (ALVES, 2009).

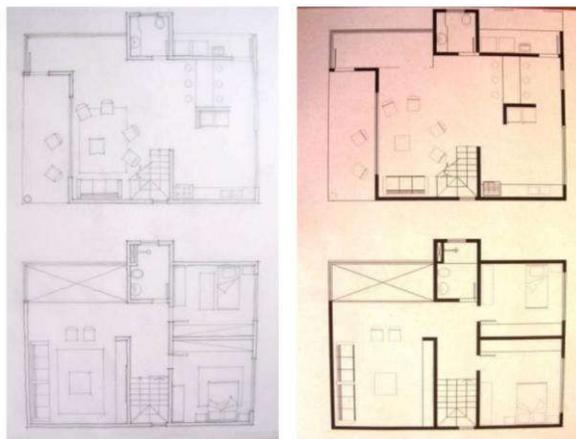


Figura 2 - Exemplo de planta desenhada "a mão" e em CAD
Fonte: Alves, 2009

Nesse contexto, temos a metodologia BIM – Building Information Modeling – que permite criar simulações digitais e coordenar todas as informações de um projeto de arquitetura

Enquanto o CAD permite o desenho em 2 ou 3 dimensões, sem distinguir seus elementos, este sistema de dados incorpora a quarta e a quinta dimensões (tempo e custos), permitindo gerenciar a informação de forma inteligente ao longo do ciclo de vida de um projeto, automatizando processos de programação, projeto conceitual, detalhes, análises, documentação, fabricação, logística de construção, operação e manutenção, renovação e / ou demolição (FRANCO, 2018).

Outra metodologia importante é a Parametrização, que é uma estrutura baseada em parâmetros e hierarquia chamadas “variações paramétricas”

As variações paramétricas permitem criar alternativas do mesmo design proposto, variando levemente nas dimensões, proporções e formas. A definição do encadeamento na relação entre os componentes de um produto determina como as alterações podem ser realizadas. Assim, as entidades paramétricas facilitam o processo de alteração, pois carregam seus atributos e propriedades dentro de sua representação, que lhes permitem ser manipuladas e transformadas de acordo com essas características (FLORIO, 2007).

Com as tecnologias e metodologias atuais é possível fazer a Simulação Computacional, que “permite testar e avaliar itens como usabilidade, conforto térmico, iluminação, desempenho estrutural, impacto visual – do edifício, da implantação, da relação com o entorno” baseando-se na “construção de modelos que diminuem o nível de abstração entre arquitetura e sua representação” criando um “novo campo de experimentações que podem contribuir no processo de projeção e planejamento” (AMORIM e PEREIRA, 2001).

Alves (2009, p.22) observa que na corrente híbrida

Os desenhos feitos à mão interagem com os desenhos de origem digital e participam das atualizações dos modelos tridimensionais gerados, conferindo e verificando aspectos formais ou funcionais, para que um novo

modelo seja reproduzido, e assim sucessivamente; o processo vai se repetindo, até que o projetista encontre a solução para o problema arquitetônico proposto, de forma.

De acordo com Alves (2009, p.24), as gerações atuais de arquitetos, professores e alunos de arquitetura fazem suas escolhas de métodos de trabalho de acordo com suas demandas pessoais, capacidade de adaptação e softwares disponíveis no mercado. Ele defende que os "paradigmas projetivos estabelecidos pela geração 'pré-informática'" sejam revisados e adaptados para as novas gerações, proporcionando assim "novos modelos e metodologias que venham a somar qualidades às concepções arquitetônicas".

Alves (2009, p.24) conclui afirmando que "é imprescindível que os arquitetos estejam atentos à compreensão dos processos que estão disponíveis, para a otimização de todo o seu potencial criativo".

Neste trabalho, falaremos sobre as tecnologias estereoscópicas, que adotando o raciocínio de Steele, poderiam ser classificadas como uma quarta corrente – "o desenho virtual" ou "representação imersiva" – que é proporcionada pelo uso da Realidade Virtual, Imagens e Vídeos 360° Imersivos e pela Realidade Mista. Com a absorção desses novos processos, como Alves já anunciou, os arquitetos poderão otimizar seu potencial criativo e desenvolver modos de projetar otimizados.

1.3 O projeto arquitetônico

Cattani (2006, p.118) relata que o projeto arquitetônico deve dar conta de dois momentos, o momento de concepção, e o de construção da obra

O processo de concepção de uma obra pode ser orientado por várias vertentes teóricas. Entre elas estão as de natureza poética, que invocam categorias abstratas e subjetivas, como talento, inspiração e imaginação; as de orientação acadêmica, que estipulam regras, cânones e padrões a serem seguidos; e as que buscam a objetividade do processo, por meio de posturas racionais, com a incorporação de instrumentos lógicos de apoio aos processos decisórios, como programas informatizados, pesquisa operacional, análise estatística, cálculo das probabilidades etc.

Já no processo de construção “o projeto desempenha uma função mais pragmática, pois adquire um caráter de documento de obra, normatizado e prescritivo” (CATTANI, 2006, p.119)

Porém, Cattani (2006, p.121) nos alerta que

A compreensão da simbologia adotada pelo desenho técnico de representação espacial requer o desenvolvimento da capacidade de abstração, de modo a permitir que sejam identificadas características volumétrico/espaciais a partir de informações fornecidas pelo desenho bidimensional.

Trabucco⁶ (1996, p.15, apud CATTANI, 2006, p.117) informa que

Para dar conta da totalidade das informações necessárias para se construir uma obra, o projeto arquitetônico necessita incorporar outros elementos de natureza não-gráfica. Dessa maneira, se agregam a ele memoriais descritivos, cadernos de encargos, especificações técnicas, planilhas de cálculo, instruções de montagem, prescrições etc., que, empregando uma linguagem numérico-verbal, procuram oferecer condições de antecipação da obra, constituindo-se em uma síntese que esclarece o que os desenhos não conseguem definir.

Wilson Florio e Ana Tagliari (2016) comentam que a partir dos anos de 1990 começaram a ser realizadas investigações de espaços internos de edifícios não construídos amparadas por recursos computacionais, devido, sobretudo, à rápida expansão tecnológica. Aumentando o número de pesquisas sobre projetos desconhecidos, mas que apresentam importância dentro do conjunto da obra de arquitetos, revelando aspectos subjacentes importantes a respeito da natureza e história do processo projetual da arquitetura.

Rebello (1999) comenta que com o auxílio de ferramentas computacionais, o mesmo desenho pode ser usado para desenvolver seus projetos complementares como hidráulico, sanitário e elétrico, através da tecnologia BIM. E que no futuro talvez

⁶ TRABUCCO, Marcelo. **La composición arquitectónica**. Buenos Aires: Editorial de Belgrano, 1996.

possa ser possível programar uma lista de necessidades de soluções ergonômicas e estéticas adequadas ao projeto.

1.4 Linha do tempo

Abaixo está representada uma linha do tempo (Quadro 1) com os principais eventos na evolução da representação gráfica na arquitetura, e outros eventos relevantes na história, para o leitor situar-se mais facilmente nas épocas em questão.

Do lado esquerdo da linha do tempo estão eventos históricos e eventos relacionados a tecnologia em geral, tais como o motor a vapor, automóvel, aviação, fotografia, smartphones e notebooks.

Já do lado direito estão as datas dos acontecimentos que são objetos de estudo deste trabalho, a evolução da representação gráfica na arquitetura, os eventos relacionados a estereoscopia, e a data de lançamento das ferramentas experimentadas neste documento.

No capítulo seguinte será abordado o potencial da estereoscopia, feita a diferenciação entre Realidade Virtual e Imagens 360° Imersivas, serão apresentadas algumas das ferramentas gratuitas relacionadas a estas tecnologias, e depois apresentado um quadro sintetizando as características de cada uma das ferramentas experimentadas.

LINHA DO TEMPO		
	2450 a.C.	Primeiros registros gráficos de informações (OLIVEIRA, 2002 apud CATTANI, 2006).
	1413	Representação em perspectiva (FLORES, 2007 apud ALVES, 2009).
	Renascimento	Desenho Técnico (CUNHA, 2017).
<i>Motor de Newcomen (Motor a vapor)</i> (SANTIAGO, 2012).	1712	
	Século XVIII	Geometria descritiva (CATTANI, 2006).
<i>Fotografia</i> (GUERREIRO, 2013).	1826	
	1851	Estereoscopia surge como fenômeno de massa (ADAM, 2003).
<i>Filmadora portátil</i> (GROSSMANN, 2013).	1882	
<i>Automóvel</i> (HISTÓRIA DE TUDO, 2016).	1885	
<i>Aviação</i> (SANTOS, 2018).	1906	
<i>Computador digital eletrônico de grande escala</i> (MUSARDO, 2013).	1946	
	Anos 1960's	CAD (CUNHA, 2017).
	1962	Imagem 360° (360 3D, 2017).
<i>Notebook</i> (MIRANDA, 2015).	1981	
<i>Internet</i> (FÁBIO, 2018).	1989	
	1989	Realidade Virtual (GRILLO <i>et al.</i> , 2015).
	1990	Realidade Aumentada (FIEMS, 2016).
	1992	BIM (VAN NEDERVEEN e TOLMAN, 1992 apud MENEZES, 2011).
<i>Processador Intel Pentium</i> (ARRUDA, 2011).	1993	
<i>Smartphone</i> (BBC, 2014).	1994	
	1994	Realidade Mista (MATOS, 2018).
<i>Computação em nuvem</i> (CANTU, 2011).	1997	
<i>Pen drive</i> (TAGIAROLI, 2015).	2000	
<i>CPU de 64 bits</i> (ARRUDA, 2011).	2003	
<i>Core i3, i5 e i7</i> (ARRUDA, 2011).	2010	
	2011	Videos 360° (CASA MAIS 360, 2017).
	2011	Planner 5D (PLANNER 5D, 2018).
	2012	Sketchfab (SKETCHFAB, 2018).
	2015	Youtube passa a suportar Videos 360° (YOUTUBE CREATOR BLOG, 2015).
	2015	Câmera Cardboard (TUDO CELULAR, 2015).
	2016	Meu Passeio Virtual (YOUTUBE, 2016).
	2016	ENTITI AR/VR Exporter (AUTODESK APP STORE, 2016).
	2017	Kubity (KUBITY, 2018).
<i>Superprocessadores Core i9 e Threadripper</i> (GARRETT, 2017).	2017	

Quadro 1 - Linha do tempo
Fonte: autor

Capítulo 2 – O potencial da estereoscopia

Pela definição do Dicionário Educalingo: Estereoscopia é um fenômeno natural, que ocorre devido ao ser humano possuir dois olhos. Ela consiste na análise de duas imagens de uma mesma cena, mas que são projetadas aos olhos em pontos de observação levemente diferentes (Figura 3), o cérebro funde as duas imagens no córtex visual, obtendo desse modo a profundidade, distância, posição e tamanho dos objetos, o que gera uma sensação de visão tridimensional.

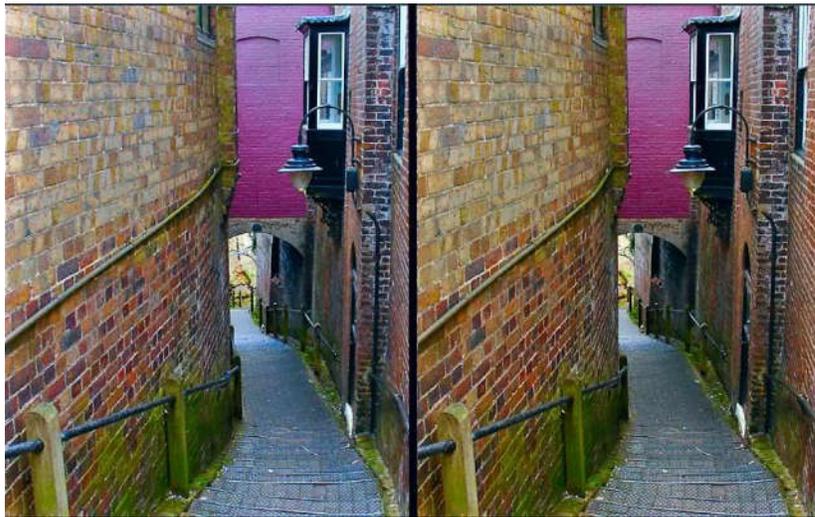


Figura 3 - Exemplo de imagem para efeito estereoscópico
Fonte: <http://i41.tinypic.com/29o4s9t.jpg>

É uma técnica há muito tempo conhecida, como comenta Adam (2003, p. 210):

A estereoscopia surgiu – como fenômeno de massa – em 1851. Apresentada ao público por ocasião da Exposição Universal de Londres desse ano, por David Brewster, revelou-se um sucesso imediato, conquistando a pronta adesão da rainha Vitória.

Fazem uso dessa técnica: as Imagens e Vídeos 360° Imersivos, a Realidade Virtual, e a Realidade Mista. A seguir falaremos sobre elas, mostrando alguns softwares gratuitos que possibilitam o uso da técnica da estereoscopia.

2.1 Imagens 360° Imersivas

De acordo com a definição do site 360 3D (2017):

Uma foto em 360°, também chamada de fotografia panorâmica imersiva, é formada a partir da junção de várias imagens de um ambiente feitas de um

mesmo ponto, dando a impressão de que o espectador está imerso no local fotografado. Quando as fotos são compartilhadas em um site ou rede social, você pode visualizar todos os ângulos do ambiente ou do objeto fotografado movendo o mouse do computador ou o dedo, caso esteja acessando a imagem por meio de um dispositivo touchscreen.

Como define Flávio Renato (2012), uma imagem 360° pode ser do tipo Panorâmica 360 graus, que cobre 360° em torno de um eixo de rotação, ou Panorâmica esférica, que são panoramas de 360 graus que são convertidos em uma imagem esférica utilizando um software especial.

Ainda no site 3603D (2017) verifica-se que câmeras fotográficas de imagens 360° já existem há um bom tempo, a primeira foi inventada pelo brasileiro Sebastião Carvalho Leme em 1962.

Atualmente as imagens 360° (Figura 4) são usadas por arquitetos na criação de tours virtuais para apresentação de projetos para os clientes. A arquiteta Larissa Reis em entrevista, para o Sócio fundador da Imersio, Maicon Klug, comenta que “Fica muito mais fácil visualizar a aplicação dos materiais e a composição dos ambientes. Inclusive como profissional, fica mais simples visualizar dessa forma” e que os clientes “se sentem mais seguros com o que estão contratando e o processo de fechamento (de contrato) fica mais fácil”. Ela ainda comenta que “esse tipo de conteúdo me ajuda a mostrar meu trabalho e as pessoas conseguem ter uma percepção de qualidade e valor agregado” (KLUG, 2018).



Figura 4 - Exemplo de visualização de uma imagem 360° no smartphone

Fonte: <https://imersiovr.files.wordpress.com/2018/05/transforme-seu-smartphone-em-uma-ferramenta-de-realidade-virtual-banner-branco-promo-artigo.png> (modificado)

A seguir estão listadas algumas das ferramentas que permitem o uso das imagens 360° imersivas.

2.1.1 Meu Passeio Virtual



Figura 5 - Logo do Meu Passeio Virtual

Fonte: <https://imersiovr.files.wordpress.com/2017/02/tela-login-meupasseiovirtual-02.png?w=1024&h=640> (modificado)

O Meu Passeio Virtual (Figura 5) é um portal online para a criação de Tours Virtuais 360°, também chamados de Passeios Virtuais, que são apresentações interativas que permitem a movimentação de imagens 360° para os lados, mostrando todos os seus ângulos, e possibilita a adição de setas que farão a movimentação entre uma imagem e outra⁷.

Os Passeios gerados podem ser incorporados a um site, ou visualizados no aplicativo próprio do Meu Passeio Virtual⁸. Na versão gratuita⁹, permite a criação de passeios com até 10 imagens 360°.

2.1.2 Youtube



Figura 6 - Logo YouTube

Fonte: <https://exame.abril.com.br/marketing/youtube-apresenta-novo-logo/>

⁷ IMERSIO VR. MEUPASSEIOVIRTUAL: Conheça o MeuPasseioVirtual, a principal plataforma de Tours Virtuais 360° e experiências em Realidade Virtual e Aumentada. Disponível em <<https://imersiovr.com/solucoes/meupasseiovirtual/>>. Acesso 19 jun. 2018.

⁸ GOOGLE PLAY. **MeuPasseioVirtual 2.2**. Disponível em <<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.ImersioVR.MeupasseioVirtualH>>. Acesso 19 jun. 2018.

⁹ IMERSIO VR. **Plataforma de Realidade Virtual e Aumentada: Conheça os planos e preços do MeuPasseioVirtual**. Disponível em <<https://imersiovr.com/solucoes/meupasseiovirtual/planos/>>. Acesso 19 jun. 2018.

O Youtube (Figura 6) é uma plataforma de publicação de vídeos, e a partir de 2015 passou a suportar vídeos 360^o¹⁰. Foi fundado em 2005 por Chad Hurley e Steve Chen, e comprado pela Google em 2006¹¹. Sua missão é “dar a todos uma voz e revelar o mundo”¹².

2.1.3 Câmera Cardboard



Figura 7 - Logo Câmera Cardboard

Fonte: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.google.vr.cyclops&hl=pt_BR

O Câmera Cardboard¹³ (Figura 7) é um aplicativo oficial do Google que permite que smartphones possam tirar fotos 360^o, contanto que tenham sensores de acelerômetro e giroscópio. É possível visualizar as fotos através do auxílio de um headset para smartphone.

O aplicativo é gratuito, e ainda captura os sons do ambiente, ou a narração do fotógrafo.

2.1.4 Câmeras Omnidirecionais

As Câmeras Omnidirecionais são aquelas que fotografam e filmam em todas as direções, e a partir delas é possível produzir uma imagem ou filme 360^o imersivo. Elas surgiram nos anos 90, mas foi só em 2013 que a primeira câmera capaz de gravar e fotografar em 360^o ficou disponível comercialmente para todos os

¹⁰ YOUTUBE CREATOR BLOG. A new way to see and share your world with 360-degree vídeo. 13 mar. 2015. Disponível em <<https://youtube-creators.googleblog.com/2015/03/a-new-way-to-see-and-share-yourworld.html>>. Acesso em 19 jun, 2018.

¹¹ REDAÇÃO TERRA. **Google confirma compra do YouTube por US\$ 1,65 bi.** 09 out. 2006. Disponível em <<http://tecnologia.terra.com.br/noticias/0,,OI1182065-EI12884,00-Google+confirma+compra+do+YouTube+por+US+bi.html>>. Acesso 19 jun. 2018.

¹² YOUTUBE. **About.** Disponível em <<https://www.youtube.com/intl/pt-BR/yt/about/>>. Acesso em 19 jun. 2018.

¹³ TECHTUDO. **Câmera Cardboard.** Disponível em <<https://www.techtudo.com.br/tudo-sobre/camera-cardboard.html>>. Acesso 25 set. 2018.

consumidores, a Ricoh Theta, hoje em dia existem mais opções de marcas e modelos (FERNANDES e PEREIRA, 2018).

2.2 Realidade Virtual (RV)

Conforme a definição de Mariana Cunha (2017, p. 39):

A Realidade Virtual tem como principal propósito, representar a partir da concepção de modelos digitais tridimensionais, um ambiente virtual de determinada realidade, seja do passado, do presente, de algo que se pode concretizar no futuro, ou apenas de algo conceptual e imaginado, que se pretenda evidenciar.

Como o próprio nome dá a entender, o conceito Realidade Virtual, vem da definição do que é realidade e do que é virtual.

Gessica Rodrigues e Cristiane Porto (2013) caracterizam a Realidade Virtual (Figura 8) por integrar três ideias básicas: imersão, interação e envolvimento. Sendo a imersão a capacidade de se sentir dentro do ambiente, a interação a capacidade de o computador detectar e responder às entradas do usuário e o envolvimento o grau de estimulação de uma pessoa com determinada atividade.

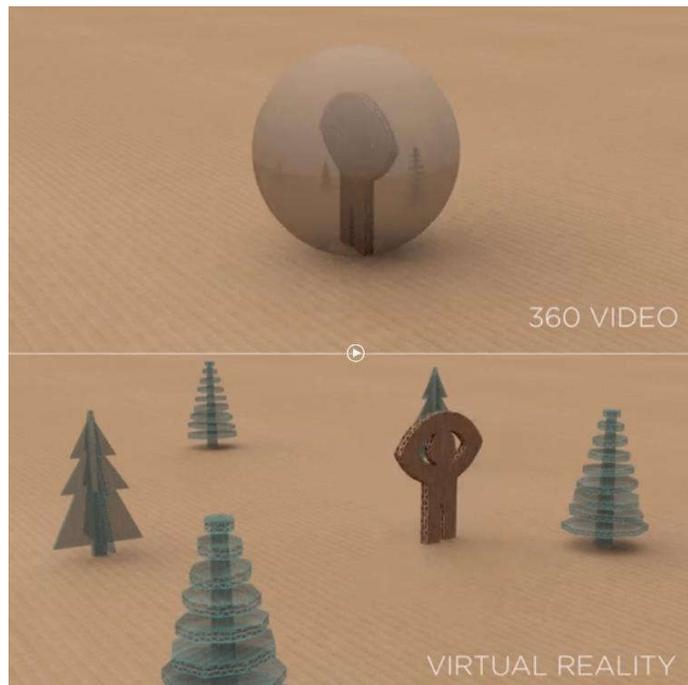


Figura 8 - Realidade Virtual x Mídia 360° Imersiva
Fonte: www.iteleport.com.br/vivencias-virtuais

Rebelo (1999, p. 65), em sua tese de mestrado, comenta que:

Aplicações de simulação em RV utilizam regras do mundo real no ambiente virtual para fins de avaliações comportamentais de determinados aspectos de projeto. A técnica pode ser aplicada em projetos arquitetônicos de pequeno ou grande porte (avaliando aspectos de iluminação, ventilação ou fluxos) ou empreendimentos urbanos de qualquer escala (antecipando resultados de apropriação do espaço projetado ou prevendo o crescimento da cidade e suas adaptações às mudanças).

A RV utiliza-se do princípio da estereoscopia para gerar o efeito de profundidade, os headsets de visualização de RV, ou óculos RV, como comenta Pedro Cardoso (2017), se dividem em duas categorias, os que tem display (ecrã) incorporados (Figura 9), apropriado para PCs (headsets RV-PC), e os para smartphones (headsets RV-S), que fazem uso do smartphone como lentes (Figura 10).



Figura 9 - HTC Vive. Headset para PC

Fonte: <https://www.vive.com/us/product/vive-virtual-reality-system/>



Figura 10 - VR Shinecon. Headset para Smartphone

Fonte: <https://pt.dhgate.com/product/vr-shinecon-ii-2-helmet-virtual-reality-3d/397746862.html>

Os para PCs são mais dispendiosos, podendo passar dos 7 mil reais¹⁴ no Brasil, eles geralmente veem acompanhados de dois controles bluetooth, e permitem a reprodução de som tridimensional. Cada lente do headset produzirá uma imagem específica para cada olho, e desse modo gerará o efeito estereoscópico.

¹⁴ SUBMARINO.COM. Kit HTC VIVE realidade virtual - VR (Realidade aumentada). R\$ 7.800,00. Disponível em <<https://www.submarino.com.br/produto/27450869/kit-htc-vive-realidade-virtual-vr-realidade-aumentada>>. Acesso em 24 jun. 2018.

Os headsets RV-S têm preços mais acessíveis, a partir dos 25 reais¹⁵ no Brasil, eles geralmente vêm acompanhados de um controle bluetooth para o smartphone, sendo necessário a colocação do smartphone dentro do headset. Para ser compatível, o smartphone deve conter os sensores de acelerômetro e de giroscópio¹⁶. A tela do smartphone se dividirá em duas, e devido aos óculos RV, cada olho verá apenas uma imagem, gerando o efeito da estereoscopia.

Para este estudo, devido ao acesso às ferramentas, foi utilizado um headset RV para smartphone¹⁷ e os programas a ele relacionados.

Abaixo serão listadas algumas das ferramentas que permitem o uso da realidade virtual.

2.2.1 Kubity



Figura 11 - Logo Kubity

Fonte: <https://en.wikipedia.org/wiki/Kubity>

O Kubity (Figura 11) foi lançado em 2017, pela empresa de mesmo nome, como um software de 'imersão total' em realidade aumentada e realidade virtual (RA/RV), sendo considerado o primeiro multiplex de realidade mista¹⁸.

¹⁵ SUBMARINO.COM. **Oculos De Realidade Virtual 3d + Controle Bluetooth - Vr Box 038**. R\$ 24,90. Disponível em <<https://www.submarino.com.br/produto/17379374/oculos-de-realidade-virtual-3d-control-e-bluetooth-vr-box-038>>. Acesso em 24 jun. 2018.

¹⁶ CARDBOARD BRAZIL. **Saiba se seu smartphone funciona no cardboard**. Disponível em <<http://cardboardbrazil.com.br/2016/04/29/saiba-smartphone-funciona-cardboard/>>. Acesso 24 jun. 2018.

¹⁷ O headset utilizado foi o VR Shinecon.

¹⁸ KUBITY. **About Us**. Disponível em <<https://blog.kubity.com/history/>>. Acesso em 19 jun. 2018.

Ele permite o compartilhamento de modelos do SketchUp e do Revit para aplicativo móvel, aplicativo para desktop, e através da Web¹⁹. Ele tem plug-ins próprios para exportação direta do SketchUp e Revit. Além de 4 aplicativos para Android²⁰.

No começo deste estudo, o Kubity era uma ferramenta totalmente gratuita, mas atualmente ele cobra uma assinatura anual no valor de \$399. Optou-se por manter os dados coletados do programa neste trabalho na época em que ele ainda era gratuito, adicionando esta nota de mudança de disponibilidade.

2.2.2 Sketchfab



Figura 12 - Logo Sketchfab

Fonte: <https://sketchfab.com/press>

O Sketchfab (Figura 12) foi lançado²¹ em 2012. É atualmente a maior plataforma para publicar e encontrar modelos 3D on-line, ele suporta quase todos os formatos 3D e seus modelos podem ser incorporados em qualquer página da Web e em todas as principais redes sociais²².

Ele conta com extensões para SketchUp e Revit que permitem publicar o modelo diretamente em seu site (<https://sketchfab.com>) sem sair do programa de modelagem²³ e de um aplicativo próprio na Google Play²⁴ para explorar os modelos disponíveis no site.

¹⁹ KESKEYS, Paul. **Apps for Architects: Instantly Convert, Share and Visualize Any SketchUp or Revit Model**. Disponível em <<https://architizer.com/blog/practice/tools/apps-for-architects-sketchup-revit-kubity/>>. Acesso em 19 jun. 2018.

²⁰ GOOGLE PLAY. **Kubity**. Disponível em <<https://play.google.com/store/apps/developer?id=Kubity>>. Acesso em 08 set. 2018.

²¹ SKETCHFAB. **About Sketchfab: Enter new dimensions**. Disponível em <<https://sketchfab.com/about>>. Acesso em 19 jun. 2018.

²² SKETCHFAB. **Press Kit**. Disponível em <<https://sketchfab.com/press>>. Acesso em 19 jun. 2018.

²³ SKETCHFAB. **Exporters**. Disponível em <<https://sketchfab.com/exporters>>. Acesso em 19 jun. 2018.

²⁴ GOOGLE PLAY. **Sketchfab**. Disponível em <<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.sketchfab.sketchfab>>. Acesso em 19 jun. 2018.

2.2.3 ENTiTi AR / VR Exporter



Figura 13 - Logo ENTiTi AR / VR Exporter

Fonte: <https://apps.autodesk.com/RVT/pt/Detail/Index?id=2453573418981504717&appLang=en&os=Win64>

O ENTiTi AR/VR Exporter (Figura 13) é uma extensão para Revit lançada em 2016 pela WakingApp, com ele é possível transformar os projetos produzidos no Revit em Realidade Aumentada e Virtual com apenas um clique²⁵.

Ele conta com um software para desktop, lançado em 2013, para a edição dos modelos, e inclusão de interação, luzes, e novos componentes²⁶. Também conta com um aplicativo próprio na Google Play para a distribuição dos modelos²⁷.

2.2.4 Planner 5D



Figura 14 - Logo Planner 5D

Fonte: https://mobimg.b-cdn.net/androidapps_img/planner_5d/real/1_planner_5d.jpg

O Planner 5D (Figura 14) foi lançado em 2011 pela empresa de mesmo nome, com a missão de tornar o design de interiores mais fácil²⁸. É uma ferramenta simples de

²⁵ AUTODESK APP STORE. **ENTiTi AR / VR Exporter – Revit**. Disponível em <<https://apps.autodesk.com/RVT/en/Detail/Index?id=2453573418981504717&appLang=en&os=Win64>>. Acesso em 19 jun. 2018.

²⁶ WAKINGAPP. **A little about us**. Disponível em <<https://www.wakingapp.com/about>>. Acesso em 19 jun. 2018

²⁷ GOOGLE PLAY. **ENTiTi**. Disponível em <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.wakingapp.wakingapp&hl=pt_BR>. Acesso em 19 jun. 2018.

²⁸ FACEBOOK. **Planner 5D: Sobre**. Disponível em <https://www.facebook.com/pg/Planner5D/about/?ref=page_internal>. Acesso em 19 jun. 2018.

usar que permite criar projetos de interiores, contando com visualização em 2D, 3D e RV²⁹.

Ele funciona nas plataformas Android, Apple, Windows e Web³⁰. Todavia, ele não possibilita importações ou exportações para o SketchUp ou Revit.

2.3 Realidade Mista (RM)

O jornalista Paulo Matos (2018) reporta que o termo “Realidade Mista” foi usado pela primeira vez em 1994, por Paul Milgram e Fumio Kishino no artigo “Uma taxonomia dos ecrãs visuais de realidade mista”, onde eles a situavam entre a RV e a RA.

A Realidade Mista, conforme esclarece Matos (2018)

É uma forma de fundir o mundo real com o virtual para produzir novos ambientes e formas de visualização em que os objetos físicos e digitais coexistem e podem interagir em tempo real. Para tal, é necessária a combinação do poder de processamento computadorizado com a intervenção humana e ambiental, de forma a garantir que o movimento no mundo físico é transposto para o universo digital.

Para ser visualizada é necessário fazer o uso de um Óculos de Realidade Mista como o HoloLens da Microsoft, que foi anunciado em 2015, mas ainda não está disponível no Brasil, apenas nos Estados Unidos³¹.

2.4 Quadros comparativos

Abaixo estão relacionados dois quadros comparativos (Quadro 2 e Quadro 3) das funcionalidades das ferramentas acima listadas, cada ferramenta tem suas vantagens e desvantagens, os quadros têm o intuito de facilitar o leitor a escolher a ferramenta mais adequada para seu próprio objetivo.

²⁹ PLANNER 5D. **Walk through your dream home in 3D!**. Disponível em <<https://planner5d.com/pt/vr/>>. Acesso em 19 jun. 2018.

³⁰ PLANNER 5D. **Works on any device!**. Disponível em <<https://planner5d.com/pt/edu/>>. Acesso em 19 jun. 2018.

³¹ MICROSOFT. **Review and place order**. Disponível em <<https://www.microsoft.com/en-us/store/buy/checkout>>. Acesso em 27 set. 2018.

Logo após, estão comentadas as explicações sobre os critérios analisados nos quadros, mostrando a relevância de cada um deles.

Quadro comparativo das ferramentas estereoscópicas - Imagens 360°			
	Meu Passeio Virtual	Youtube	Câmera Cardboard
Imersão	Qualidade das imagens de até 5376 x 2688 pixels na versão gratuita. Velocidade de processamento rápida. Não permite adições de sons na versão gratuita.	Qualidade dos vídeos de até 8192 x 4096 pixels. Velocidade de processamento rápida. Permite adições de sons de fundo, narração ou música.	Imagem 360° panorâmica. Qualidade das imagens de 6368 x 1076 pixels. Velocidade de processamento rápida. Permite gravações de sons ambientes ou narração.
Movimentação	Teleporte através de setas pré-definidas pelo criador.	Tempo pré-definido pelo criador para cada imagem.	Toque na tela para selecionar outra imagem.
Interação	Não permite modificadores de imagem.	Não permite modificadores de imagem.	Não permite modificadores de imagem.
Legendas e Comentários	Permite adição do nome do ambiente na seta que levará a ele.	Permite adição de legendas.	Não permite a adição de nenhum tipo de texto.
Integração PC/ Smartphone	Upload das imagens pelo PC e visualização no smartphone por um servidor web próprio da Imersio.	Upload dos vídeos pelo PC e visualização no smartphone pelo site do Youtube.	Fotos tiradas com o smartphone e podem ser compartilhadas nas principais redes sociais, porém só é possível visualiza-las no próprio app.
Facilidade de configuração e uso	Fácil e intuitivo de usar. Conta com diversos vídeos tutoriais no próprio site.	Fácil e intuitivo de usar. Conta com tutorial no próprio site.	Fácil e intuitivo de usar.
Compatibilidade com outros programas	Recebe imagens 360° de qualquer programa capaz de criá-las. Pode ser compartilhado através de links, ou incorporado a um site particular.	Recebe vídeos 360° de qualquer programa capaz de criá-los. Pode ser compartilhado através de links, ou incorporado a um site particular.	Não recebe arquivos de outros programas.
Necessidade de periféricos	Óculos RV para smartphone. Requer conexão à internet. Versão Android 4.1 ou superior.	Óculos RV para smartphone. Requer conexão à internet. Versão Android varia de acordo com o dispositivo.	Óculos RV para smartphone. Não requer conexão à internet. Versão Android 4.4 ou superior.
Preço	De R\$0,00 a R\$149,00 por mês.	Gratuito.	Gratuito.

Quadro 2 - Comparativo das ferramentas estereoscópicas - Imagens 360°

Fonte: autor

Quadro comparativo das ferramentas estereoscópicas - Realidade Virtual				
	Kubity	Sketchfab	ENTITI	Planner 5D
Imersão	Qualidade das imagens boa. Velocidade de processamento rápida. Não permite adições de sons.	Qualidade das imagens HD. Velocidade de processamento lenta. Permite a adição de 01 som (tridimensional) na versão gratuita.	Qualidade das imagens boa. Velocidade de processamento rápida. Permite adições de sons (tridimensionais).	Qualidade das imagens boa. Velocidade de processamento rápida. Não permite adições de sons.
Movimentação	Olhe fixamente (ou clique) para teleportar.	Clique para teleportar.	Olhe fixamente para teleportar.	Use os direcionais do controle bluetooth para andar.
Interação	Permite escolher a hora do dia e determinar a altura do observador.	Permite alguns tipos de modificadores de imagem.	Permite adição de luzes, vídeos, imagens e objetos 3d.	Não permite modificadores de imagem.
Legendas e Comentários	Não permite a adição de legendas ou comentários.	Permite a adição de até 05 notas por modelo na versão gratuita.	Permite adição de textos 3d em qualquer lugar do modelo.	Não permite a adição de nenhum tipo de texto.
Integração PC/ Smartphone	Upload do modelo diretamente do SketchUp ou Revit e visualização no smartphone pelo app próprio do Kubity.	Upload do modelo pelo site ou diretamente do SketchUp ou Revit, e visualização no smartphone pelo app próprio do Sketchfab.	Produção do modelo no PC e visualização no smartphone pelo app próprio do ENTITI.	Criação de projetos no PC ou smartphone, e acesso no outro dispositivo em tempo real pelo servidor próprio da Planner 5D.
Facilidade de configuração e uso	Fácil e intuitivo de usar.	Tem configurações simples e avançadas. Conta com tutoriais no próprio site.	Tem configurações simples e avançadas. Conta com tutoriais no próprio editor, e manual completo.	Um pouco difícil de se acostumar no começo. Conta com dicas de uso no próprio site.
Compatibilidade com outros programas	Integrado ao SketchUp e ao Revit. Pode ser compartilhado através de links, ou QR code.	Compatível com mais de 50 formatos de modelos 3d.	Compatível modelos FBX, e com os principais formatos de vídeos, imagens e áudios.	Não recebe e não envia arquivos para outros programas. Não se criam objetos totalmente novos, é limitado ao catálogo do fabricante e à modificações deste.
Necessidade de periféricos	Óculos RV para smartphone. Controle bluetooth (opcional). Não requer conexão à internet. Versão Android 4.4 ou superior.	Óculos RV para smartphone. Requer conexão à internet. Versão Android 4.4 ou superior.	Óculos RV para smartphone. Não requer conexão à internet. Versão Android 4.4 ou superior.	Óculos RV para smartphone. Controle bluetooth. Não requer conexão à internet. Versão Android 4.1 ou superior.
Preço	US\$399,00	De US\$0,00 a US\$249,00 por mês.	De US\$0,00 a US\$55,00 por mês.	De R\$0,00 a R\$29,99.

Quadro 3 - Comparativo das ferramentas estereoscópicas - Realidade Virtual

Fonte: autor

2.4.1 Imersão

Define-se como imersão a sensação que o usuário, quando está imerso no ambiente virtual, tem de estar dentro do ambiente (RODRIGUES e PORTO, 2013).

A imersão é importante na avaliação dos projetos de arquitetura pois permite ao usuário, tanto o arquiteto quanto o cliente, experimentar o ambiente como ele seria depois de construído, podendo perceber com maior facilidade falhas no projeto, já que ele estaria experimentando a fase de uso e não apenas de projeto.

Na imersão experimenta-se a escala 1:1 podendo avaliar se altura de bancadas e guarda-corpos estão adequadas por exemplo, se o pé-direito está muito baixo ou muito alto, "vivenciar" o fluxo de pessoas dentro da edificação, dentre vários outros aspectos.

De acordo com Cunha (2017, p. 69) "Para se obter sensações mais realistas dos espaços é necessário, tanto o uso de texturas de forma adequada como o estudo da iluminação".

Para as imagens estereoscópicas de um ambiente corresponderem ao máximo com o mesmo ambiente após ele ser construído, são necessárias imagens de excelente qualidade, para que seja possível perceber todos os materiais projetados e experimentar maior imersão no modelo.

Tão importante quanto a qualidade das imagens, é a velocidade de processamento das mesmas, visto que esse fator interfere na imersão. Bem como, uma baixa velocidade de processamento pode causar desconforto no usuário.

2.4.2 Possibilidade de movimentação

A possibilidade de movimentação pelo ambiente virtual enriquece a experiência imersiva proporcionada pela RV, pois permite a visualização por novos ângulos, e aumenta a sensação de estar dentro do ambiente.

Uma pesquisa realizada por Florio e Tagliari (2016) relata que a experiência arquitetônica acontece por meio do nosso deslocamento no espaço durante o tempo,

ficando claro que meramente apreciar desenhos é um meio insuficiente de interpretar os espaços projetados pelo arquiteto devidamente.

2.4.3 Possibilidade de interação

Alguns softwares de RV permitem a possibilidade de o usuário interagir com o modelo, como definem Rodrigues e Porto (2013, p. 101):

A interação está associada à capacidade de o computador detectar as entradas do usuário e modificar em tempo real o mundo virtual e as ações sobre ele. As pessoas gostam de uma boa simulação e de ver as cenas/situações mudarem de acordo aos seus comandos, este é um dos motivos das pessoas utilizarem a RV para o divertimento, visto que a interação é um dos princípios básicos dos videogames.

A possibilidade de interação é muito útil na análise de projetos em RV, pois permite ao usuário perceber o mesmo ambiente em diversas situações e em diversos climas, chuvoso, ensolarado, nevando, nublado, de dia, à noite, entre outros.

Alguns programas RV permitem ainda a movimentação de objetos no modelo, troca de cores, pisos e móveis em tempo real. Proporcionando um enriquecimento da experiência imersiva do usuário no ambiente em questão.

Os softwares de imagens 360° não permitem interação em tempo real, mas é possível modelar o ambiente em diversas situações pré-determinadas e organizar as imagens geradas de modo a aparecer que o usuário mudou a cor do ambiente por exemplo, sendo que o que houve na verdade foi uma substituição por outra imagem já previamente renderizada.

2.4.4 Possibilidade de adição de legendas e comentários

As legendas e os comentários permitem transmitir aquilo que por si só as imagens não conseguem, ou que nem todas as pessoas são capazes de perceber imediatamente. Permitem o detalhamento de materiais, instruções de uso, e detalhamento de obras de arte.

2.4.5 Nível de integração do computador com o smartphone

A maioria dos softwares estereoscópicos para smartphones, estudados nesse trabalho, dependem que os modelos sejam produzidos e/ou modificados em um computador e transferidos para o smartphone, o que torna os modos e a velocidade de troca de informações entre os dispositivos um aspecto importante a ser considerado.

2.4.6 Facilidade de configuração e uso do software

Além dos motivos arquitetônicos, outro aspecto importante a ser considerado é a facilidade de configuração e uso do software, já que um software de difícil uso limitaria seu público alvo.

2.4.7 Compatibilidade com outros programas

Um programa novo que interage bem com os programas que já são popularmente usados tem mais chances de alcançar melhores resultados. Deste modo é importante avaliar este quesito na hora de escolher a ferramenta certa para trabalhar.

2.4.8 Necessidade de periféricos

Todos os softwares de RV e imagens 360° analisados nesse estudo necessitam de óculos de RV para smartphone para que as imagens estereoscópicas possam ser vistas pelo usuário.

Além dos óculos RV, alguns softwares podem requerer o uso um controle bluetooth, ou de uma conexão com a internet. Também foi observado nesse aspecto a versão Android requerida para a instalação do aplicativo no smartphone.

2.4.9 Preço

Apesar de todas as ferramentas analisadas neste trabalho serem gratuitas, algumas delas oferecem versões pagas. Deste modo, optou-se por evidenciar os preços de cada uma delas.

Para este estudo foram analisadas apenas as funcionalidades oferecidas gratuitamente a todos os usuários.

No capítulo seguinte será mostrado como as tecnologias disponíveis estão diretamente ligadas as estratégias de projeto possíveis, dando exemplos de obras que só foram possíveis de serem construídas graças ao auxílio da tecnologia computacional. Será estudado como a estereoscopia pode beneficiar as estratégias de projeto, observando vários tipos diferentes de projeto. Depois entrará em foco a questão de como a estereoscopia pode ajudar no ensino-aprendizagem da arquitetura e urbanismo.

Capítulo 3 – Projetando com estereoscopia

3.1 As tecnologias disponíveis, e as estratégias de projeto possíveis

Christina Cardoso (2003, p.2) em seu estudo sobre a forma resultante final do processo de projeção, nota que ela

Varia em cada época e lugar em função de um contexto cultural e ideológico, influenciado e modificado por diversos fatores físicos, econômicos e até de natureza legal. Um desses fatores a ser considerado é aquele relacionado ao instrumental que o arquiteto tem para auxiliá-lo na criação e representação dessas formas.

Niemeyer, citado por BRUAND (1981), coloca que a “forma plástica não nasce de um simples capricho de imaginação, mas é sugerida pelo programa e pelos meios disponíveis”. Assim, a possibilidade de representar graficamente o projeto inclui-se nestes meios dos quais o arquiteto deve dispor ao projetar, criar formas.

De acordo com Cardoso (2005) é importante conhecer as ferramentas possíveis de serem usadas em projetos para entender as influências que elas exercem no processo projetual, já que este, por sua grande complexidade, “tem nos instrumentos técnicos usados para seu desenvolvimento um fator de relevância fundamental” (REGO³², 2000, p.42 apud CARDOSO, 2005, p.61).

Rego (2000), citado por Cardoso (2005, p.62), destaca o fato de que representações feitas por meio de ferramentas tradicionais de desenho têm a limitação de ser “uma representação fragmentada e estática do objeto o que dificulta a sua visão e a percepção do espaço”, ele nota que a adoção de formas prismáticas e a adoção de ângulos dos esquadros é uma evidência da influência dos instrumentos utilizados na proposta de solução alcançada. Mas ainda há diversos fatores a considerar “tais como as necessidades do cliente, custos, processo construtivo, características do

³² REGO, R. de M. As Naturezas Cognitiva e Criativa da Projeção em Arquitetura; reflexões sobre o papel mediador das tecnologias. In: Graphica 2000 – III CONGRESSO INTERNACIONAL NAS ARTES E NO DESENHO / 14º SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMETRIA DESCRITIVA E DESENHO TÉCNICO. 2000, Ouro Preto. Anais... Ouro Preto: ABEG, 2000. p. CD.

sítio, clima, topografia, além de questões de ordem sociais e daquelas vinculadas ao modo do projetista de fazer e pensar a arquitetura”.

Orciuoli³³ (2002), citado por Cardoso (2005, p.63-64), comenta sobre o projeto e a construção do Templo da Sagrada Família (1883-1926) (Figura 15 e Figura 16), por Gaudí, em que este utilizava maquetes, moldes, fotografias e modelos vivos para as esculturas. Gaudí utilizava estes métodos devido ao problema de se trabalhar com superfícies curvas, difíceis de serem representadas em desenho técnico, já que este

Só permite que sejam representadas em verdadeira grandeza, ou seja, guardando suas propriedades topológicas e dimensionais, as faces do objeto que estejam paralelas aos planos de projeção. Isto se torna extremamente difícil quando se trata de superfícies curvas, onde esta relação de paralelismo é inexistente, pois superfícies curvas não podem ser paralelas a superfícies plana.



Figura 15 - Templo da Sagrada Família
Fonte: <https://www.archdaily.com.br/br/787647/classicos-da-arquitetura-la-sagrada-familia-antoni-gaudi>

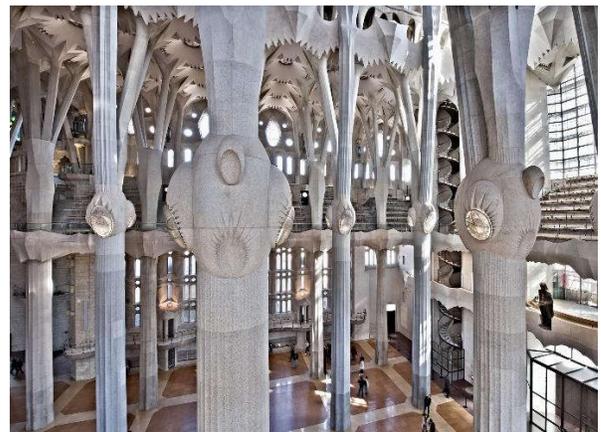


Figura 16 - Templo da Sagrada Família (interior)
Fonte: <https://www.archdaily.com.br/br/787647/classicos-da-arquitetura-la-sagrada-familia-antoni-gaudi>

³³ ORCIUOLLI, A. Documento: Antoni Gaudí I Cornet. **Revista AU**, Nº 104, São Paulo: Pini, p. 57-65, out/nov 2002.

Jorn Utzon iniciou em 1957 o projeto da Opera House em Sydney, Austrália, com sua crença de que “prédios eram entidades orgânicas”, mas devido as ferramentas projetivas que ele utilizava diversos problemas foram gerados inclusive estruturais. Utzon se demitiu em 1966 devido às pressões pela simplificação da estrutura para diminuir o custo e o tempo da obra, deixando o projeto nas mãos de Peter Hall, David Littlemore e Lionel Todd. O edifício demorou 16 anos para ser construído, entre projeto e construção (CARDOSO, 2005, p.65-66).

Duarte³⁴ (2003), citado por Cardoso (2005, p.70), ao falar sobre ferramentas CAD menciona que elas podem não só ser utilizadas como instrumentos de tradução de representações, como também auxiliar na fase de concepção do projeto, visto que elas se apoiam “muito pouco nas habilidades manuais do usuário ampliando, portanto, as possibilidades de representação” e que os recursos de simulação possibilitam “ensaios e projeções, cálculos, etc., permitindo também a geração de várias alternativas de projeto, com complexidades e novos recursos para sua análise”. Cardoso (2005) completa observando que “a facilidade em realizar simulações em um modelo computacional também viabiliza a projeção de formas complexas, que podem ter todos seus aspectos (estruturais, de conforto, custo, construtibilidade, etc.) verificados durante o processo de projeto”.

Cardoso (2005) afirma que a atividade criadora está restringida aos recursos que o projetista tem para representar suas ideias. Ele observa que a tecnologia CAD ajudou a solucionar a dificuldade de representação de formas não convencionais, complementando seu raciocínio com a citação de Lawson³⁵ (1999, p. 43) de que “a visualização permitiu aos arquitetos explorar formas tridimensionais complexas e desenvolvê-las de uma maneira que eles não podiam fazer facilmente pelo método manual”.

³⁴ DUARTE, R. B. Ensino de Projeto, Computadores, Imagens e o Monstro do Armário. In: **PROJETAR 2003** – Seminário Nacional sobre Ensino e Pesquisa em Projeto de Arquitetura, 1. 2003, Natal. Anais... Natal: PPGAU – EDUFRN, 2003. CD.

³⁵ LAWSON, Bryan. **Design in mind**. Oxford: Architectural Press / Butterworth-Heinemann, 1997. 316p.

Mesa, Quillez e Regot³⁶ (2000 apud Cardoso, 2005) em um trabalho de investigação sobre o modelamento e a análise das formas geométricas complexas de um edifício projetado por Frank Gehry para a National Nederlanden (Figura 17), em Praga, afirmam que a utilização do modelamento por meio das splines e B-splines (Figura 18) foi decisiva para que se pudesse reproduzir o modelo deste projeto com a maior fidelidade possível. Sendo que “spline é uma curva representada por equações, sendo precisa e compacta no seu armazenamento. Possui uma função bem definida que permite o cálculo (exato) de pontos intermediários e de propriedades da curva como inclinação (tangente) e curvatura” e “B-spline é uma ‘versão’ da spline com controle local, isso é, as alterações nos pontos de controle da B-spline apenas se propagam para os vizinhos mais próximos”.



Figura 17 - Fotomontagem composta pela imagem fotográfica do edifício (esquerda), o modelo da superfície com acabamento (centro) e sua forma geométrica desenvolvida em wireframe (direita)

Fonte: MESA, QUILLEZ e REGOT, 2000 apud CARDOSO, 2005.

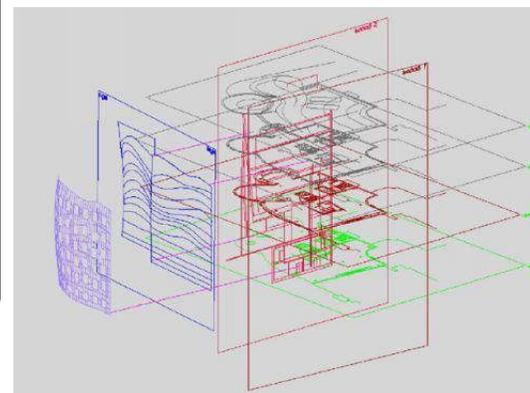


Figura 18 - Edifício da National Nederlanden: modelagem utilizando as splines e as B-splines

Fonte: MESA, QUILLEZ e REGOT, 2000 apud CARDOSO, 2005.

³⁶ MESA A. de; QUILEZ, J.; REGOT, J. Analisis Geométrico de Formas Arquitectónicas Complejas. Modelado de um edifício de Frank O. Gehry para la Nationale Nederlanden em Praga (Chequia). In: **SIGRADI: CONSTRUYENDO EL ESPACIO DIGITAL**, 4., Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: UFRJ, 2000, p. 295-297.

Nóbrega³⁷ (2003), citado por Cardoso (2005, p.101), afirma que a realidade virtual “trouxe novas perspectivas para o ato de projetar, provocando mudanças no processo, já que possibilita ao arquiteto testar suas ideias em tempo real, e com a projeção sendo baseada no estudo de modelos tridimensionais, em escala 1:1. Assim, os usuários podem, além de visualizar os objetos que estão sendo criados, manipular estes mesmos objetos interagindo com o computador em ambientes imersivos de projeto”.

Cardoso (2005, p.102) complementa dizendo que

A utilização de sistemas de Realidade Virtual como base para a concepção de objetos e desenvolvimento de projetos arquitetônicos, permite que estes sejam “construídos” virtual e interativamente como sólidos acabados, com detalhes e possibilitam visualizá-los completamente devido à autonomia de movimento em tempo real proporcionada pelo espaço virtual. A partir de uma completa visualização tridimensional do objeto é que serão então elaborados os desenhos de documentação necessários à sua edificação.

O escritório de arquitetura Frank Gehry & Associates Inc. aderiu à utilização da tecnologia CAD devido a ela ser necessária para viabilizar as formas complexas criadas por Gehry, até então construtivamente e economicamente inviáveis, e de difícil representação bidimensional com ferramentas tradicionais. O “escritório de Gehry assumiu uma posição de usar as ferramentas computacionais como instrumento de concepção do projeto e não apenas de tradução das ideias geradas”, propiciando que Gehry pudesse “exercitar com mais facilidade seu lado artístico, pois as formas que concebia passaram a ser compreendidas por sua equipe”. Eles optaram por utilizar o CATIA que é

Um programa que utiliza em seus algoritmos, equações polinomiais em vez de polígonos para descrição das formas, definindo superfícies onde as coordenadas de qualquer de seus pontos podem ser conhecidas. Originalmente um software para engenharia mecânica, a partir de

³⁷ NOBREGA, D. P. VRML e arquitetura. In: **PROJETAR 2003**: Seminário Nacional sobre Ensino e Pesquisa em Projeto de Arquitetura, 1., 2003, Natal. Anais... Natal: UFRN, 2003, CD.

adaptações para o uso em projeto de arquitetura tornou-se possível a execução de modelos de superfície e de sólidos, além de simulações e análises de aspectos formais e construtivos (CARDOSO, 2005, p.117).

Gehry ressalta que inicialmente ele trabalha com esboços e que seu estudo de volumetria é feito por meio de maquetes, porém é necessário o suporte dado pelo CATIA para que seus projetos possam ser viabilizados e executados. O Museu Guggenheim em Bilbao (Figura 19 e Figura 20) por exemplo, tinha uma proposta considerada inviável, tanto econômica, como construtivamente, e que seria provavelmente descartada não fosse a economia de tempo e meios, e o uso e eficaz dos materiais proporcionados pelas tecnologias computacionais (BRUGGEN, STEELE, 1997, 2001 apud CARDOSO 2005).



Figura 19 - Museu Guggenheim, Bilbao

Fonte: <https://media-cdn.tripadvisor.com/media/photo-s/0a/5f/7b/80/museo-guggenheim-de-bilbao.jpg>

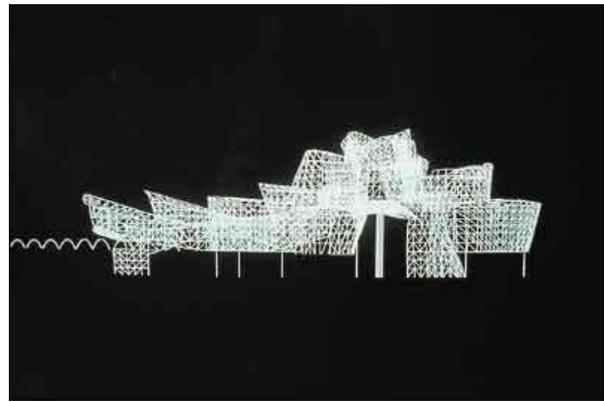


Figura 20 - Museu Guggenheim, em Bilbao: modelo em wireframe, elaborado no CATIA

Fonte: BRUGGEN, 1997 apud CARDOSO, 2005

Sales (2005, p.66) vai além, ele fala sobre a busca por ferramentas de concepção puramente informatizadas, nas palavras dele:

Esta estratégia pretende transformar o computador no próprio ambiente de projeto. Isto perpassa a simples questão do desenvolvimento de softwares, requerendo a difusão de aparatos tecnológicos inovadores que atuem como dispositivos de interação homem-máquina, desde luvas para reconhecimento gestual tridimensional a capacetes para imersão em ambientes de VR (virtual reality), passando por novas formas de representação como a holografia. Estes novos itens, aliados ao incremento das comunicações, estenderão o referido ambiente para além do escritório

individual do arquiteto, incluindo também os demais projetistas, os clientes e, em certos casos, a própria população como partes ativas da tomada de decisões, mediante a experimentação 'quase tátil' das propostas. No atual estágio evolutivo desta categoria, está bastante em evidência o entendimento dos aspectos cognitivos do processo e o desenvolvimento comercial de softwares 'adaptados' ao modus operandi dos arquitetos.

3.1.1 O trabalho colaborativo

Sales (2005, pg.141) aborda o tema do "surgimento de uma categoria de atuação, intrinsecamente influenciada e possibilitada pela emergência de novas formas de comunicação: o projeto distribuído e 'colaborativo' ". A necessidade de colaboração surgiu pelas limitações causadas pelas habilidades individuais, enquanto que a colaboração permitia completar tarefas de forma mais rápida e eficiente.

Pela definição de Sales (2005), no trabalho colaborativo, cada um deve ter a percepção de si mesmo no grupo, aprendendo com os demais e sendo motivado por eles, elaborando estratégias que satisfaçam as necessidades de cada um, sem, contudo, criar conflito com os outros colaboradores do grupo.

Sales (2005, pg. 145) aponta a necessidade da introdução de estratégias de projeto colaborativo nas disciplinas de ensino de Projeto, ele defende que:

A utilização de métodos computacionais 'colaborativos' no processo de ensino de projeto possibilita uma aprendizagem inovadora em direção ao futuro da prática empresarial, e apta a desenvolver posturas e soluções realmente criativas. A organização didática, digital e em tempo real, dos conhecimentos de várias disciplinas, disponibilizada ao longo da etapa de síntese e sistematicamente utilizada na avaliação das propostas acadêmicas é uma meta que vêm sendo perseguida há tempos, mas só recentemente se tornou possível.

Sobre a utilização de VDS (Virtual Design Studio), ou Ateliês Virtuais de Projeto, Sales (2005, p.149) comenta que

São requeridas, por parte dos participantes, experiências prévias com meios digitais de desenvolvimento de projeto, bem como a familiaridade com tecnologias da informação. Nos casos dos estudantes de Arquitetura,

existe ainda a necessidade de introduzi-los na sistemática básica (valores permanentes) do processo enquanto se fazem os devidos rebatimentos na utilização dos novos meios, no sentido de fazê-los perceber que os meios não se excluem, muito pelo contrário.

Sendo que, na definição de Sales (2005, p.150), a noção de distribuição espaço-temporal dos VDS pressupõe:

- Grupo (s) de projeto composto de pessoas atuando em várias localidades;
- Processo de projeto e comunicações entre os participantes mediados e suportados por computadores;
- Informação 'dentro' do ateliê manipulada em formato eletrônico; e
- Documentação final do projeto também em formato eletrônico.

Os VDSs, por proporcionarem que várias pessoas ao redor do globo possam trabalhar em um mesmo projeto, e aproveitando das diferenças de fuso-horário existente entre cada localidade, permitem criar um ciclo de 24 horas de projeto, que proporciona que o projeto esteja em desenvolvimento ininterruptamente (HIRSCHBERG, 1999 apud SALES, 2005).

Para Sales (2005, p.163), com a disseminação da Internet e seu uso como instrumento de comunicação, ela se tornou parte do processo de projeto, quebrando as barreiras do espaço e do tempo. Ele demonstra a "certeza de que somente com a constante atualização tecnológica do ensino de projeto arquitetônico poder-se-á responder melhor aos anseios de uma sociedade em desenvolvimento, não somente por isso, mas também por isso".

Rotella (2018), em matéria para o ArchDaily, relata que

Muito em breve, acredita-se que os ambientes virtuais para múltiplos usuários transformem completamente a experiência de realidade virtual como a conhecemos hoje em dia. Quando estiver disponível e operando com sucesso, a RV para múltiplos usuários permitirá que várias pessoas ao redor do mundo se conectem ao mesmo tempo em um mesmo espaço virtual. Neste futuro ambiente compartilhado, a experiência virtual não estará limitada a simples visualização de um modelo. Não será preciso memorizar

suas impressões, tirar os óculos e então esboçar suas ideias em outro lugar. Muito pelo contrário, estes ambientes virtuais compartilhados permitirão o desenvolvimento de projetos verdadeiramente colaborativos; os usuários poderão discutir, esboçar, dimensionar e redesenhar o projeto em tempo real. A comunicação facilitada deverá proporcionar mais tempo para explorar todas as possibilidades o que finalmente resultará em melhores projetos.

A seguir, trataremos possibilidades da inserção das tecnologias estereoscópicas nas estratégias de projeto por arquitetos e urbanistas, retratando alguns exemplos.

3.2 A Estereoscopia nos projetos de arquitetura

A realidade virtual, na arquitetura, “tem vindo a ser desenvolvida de muitas formas, para fins diversos e com funções diferentes, mas sempre com o objetivo de proporcionar uma experiência virtual que ajude nas várias etapas de um projeto” (CARDOSO, 2017, p.25).

Rodrigues e Porto (2013, p. 105) comentam sobre a aplicação da RV na arquitetura:

Devido à tridimensionalidade e a possibilidade de visualizar diferentes pontos de observação, a RV tem sido considerada uma ferramenta ímpar no que se refere à percepção, apreciação, avaliação e representação dos elementos arquitetônicos em escala e à simulação de texturas e efeitos luminosos nas superfícies e volumes.

Leonardo Grilo et al. (2015, p. 01) comentam que “O uso de tecnologias baseadas em realidade virtual pode significar uma revolução na concepção, elaboração, visualização e apresentação dos projetos, assim como na simulação das soluções adotadas”.

Rebelo (1999, p.2) elaborou um quadro comparativo (Quadro 4) relacionando os benefícios que o uso da RV pode trazer nas áreas de arquitetura e urbanismo:

	Modelo	Benefício	Beneficiado
Arquitetura	Representação ou Apresentação	Facilidade de compreensão das muitas partes do projeto através de uma maquete interativa (cortes, fachadas e plantas baixas são claramente reconhecidas)	Cientes Principalmente
	Avaliação	Neste caso seria necessária a representação prévia do projeto a ser avaliado. Obtendo-se tal modelo é possível colocar a avaliação em prática que pode ser empírica ou baseada em teorias ou métodos científicos. As avaliações devem considerar o espaço projetado (circulações, volumes, estruturas, insolação, ventilação, etc), impactos urbanos ou ambientais, entre outros;	Órgãos municipais Cientes Profissionais
	Simulação	Este modelo permite conferir os mesmos aspectos verificados na avaliação, porém com dados mais específicos. Podem ser simulados: insolação, ventilação, estruturas, composições, uso de cores, materiais construtivos entre outros. A utilização deste modelo pode abrir caminho para uma futura avaliação baseada em dados técnicos.	Profissionais da área Cientes
Urbanismo	Representação ou Apresentação	Nos projetos de urbanismo os profissionais continuam sendo equipes de desenvolvimento, mas os clientes são caracterizados por grande investidores, comunidade, construtores e prefeituras. A representação de projetos neste caso passa a ter uma conotação mais ampla exigindo publicações em larga escala do projeto de participação cooperativa de todas as partes envolvidas.	Além de construtores e os próprios órgãos municipais a comunidade seria um grande beneficiado se houvesse possibilidade de interferência no desenvolvimento do projeto.
	Avaliação	Em projetos de caráter públicos a apropriação do espaço projetado é tarefa da comunidade. Nada mais justo que o envolvimento da população na avaliação destes projetos antes, durante ou após sua realização.	Comunidade Órgãos municipais Profissionais
	Simulação	Ainda considerando a participação comunitária as intervenções previstas podem ser submetidas a uma análise através de simulações de apropriação do espaço e reformulações de áreas existentes.	Comunidade Órgãos municipais Profissionais

Quadro 4 - Modelos de aplicações da RV na arquitetura e urbanismo:
Representação, Simulação e Avaliação

A RV tem potencial para reformular a arquitetura, contribuindo para a alteração das tecnologias disponíveis, tendo em vista que a partir de Ambientes Virtuais (AV) é possível analisar interações espaciais sob o ponto-de-vista de um observador, motivo o qual já estão testando aplicações na construção civil em larga escala (GRILO et al. 2015).

Mariana Cunha (2017) expõe, em sua tese mestrado, um estudo de caso sobre um projeto do grupo TECTON 3D apresentado num workshop no IST-TagusPark e numa conferência realizada na Faculdade de Arquitetura de Lisboa, uma ferramenta de

modelação tridimensional que pode ser usada em Ambientes Virtuais Imersivos (AVI): o Maquetteer (Figura 21).

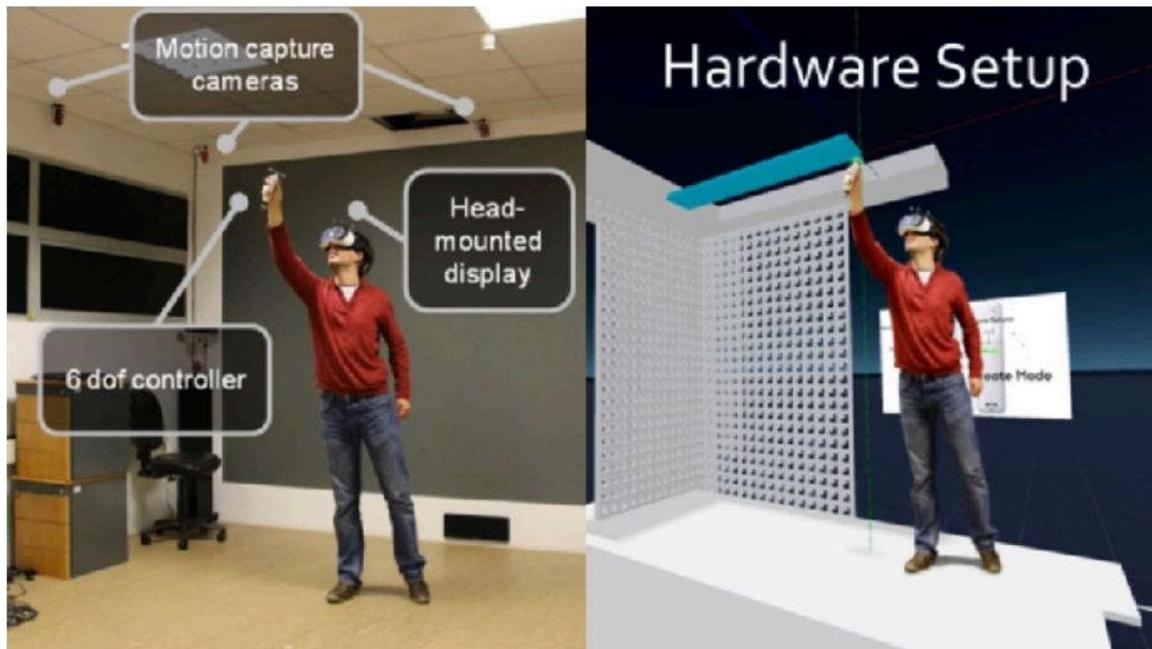


Figura 21 - Infraestrutura do Maquetteer (esquerda) e o tipo de ambiente imersivo de realidade virtual proporcionado pelo Maquetteer (direita).
Fonte: (TECTON3D, 2016 apud CUNHA, 2017)

“O Maquetteer permite criar livremente, modelos tridimensionais no espaço, fornecendo uma relação direta e imersiva com o espaço idealizado, podendo este ser visualizado a várias escalas, incluindo a escala 1:1” (JORGE, DUARTE, LOPES et.al³⁸, 2016 apud CUNHA, 2017, p.73).

O objetivo do grupo TECTON 3D era criar uma ferramenta que unisse a possibilidade de modelação com a visualização estereoscópica, simulação e interação no mesmo AVI, desenvolvendo ferramentas que auxiliassem os arquitetos nos processos de design, concepção do projeto e comunicação de informações para a construção da obra (CUNHA, 2017).

³⁸ JORGE, Joaquim; DUARTE, José; LOPES, Daniel et.al – **Digital Mockup**: Touching the 3rd dimension. Final Report, 2016. Reference: PTDC/EEI-SII/3154/2012

O grupo propôs quatro módulos para o desenvolvimento de modelos tridimensionais rigorosos e detalhados, direcionados a concretizar o projeto de arquitetura, servindo de referência e comunicação do projeto:

-O WorldBuilder (ou construtor do mundo), que permite a modelação tridimensional de sólidos básicos como: cubos, esferas, cones, cilindros e paralelepípedos, através dos gestos das duas mãos num ambiente virtual imersivo.

-O AirSketching (ou esboço aéreo) que serve para, como o nome indica, esboçar as primeiras ideias em três dimensões, através do manuseio de um dispositivo que é reconhecido como uma caneta virtual no ambiente virtual imersivo.

-O VirtualExplorer (ou explorador virtual) que detecta os movimentos corporais do utilizador, permitindo assim a navegação no espaço virtual (fora ou dentro do modelo criado), conseguindo assim novas perspectivas do objeto na sua escala real.

-O CityWave (ou onda da cidade) que visa conceber modelos urbanos de forma mais natural, usando a detecção do movimento das mãos em cima de uma mesa estereoscópica (JORGE, DUARTE, LOPES et.al, 2016 apud CUNHA, 2017, p.74).

O Maquetteer foi avaliado como uma possível ferramenta para trabalhos colaborativos, com interações simultâneas em tempo real no mesmo AVI. Os arquitetos avaliadores demonstraram muito interesse em continuar a utilizar a ferramenta, mas sentiram falta da introdução do corpo humano no AVI (já que na avaliação foram utilizados avatares), pois queriam gesticular emoções e reações, usar a comunicação física, não apenas a comunicação verbal (CUNHA, 2017).

Os resultados obtidos pelo TECTON 3D, apesar do Maquetteer ainda poder passar por melhorias, foram positivos e mostram a ferramenta como benéfica para a concepção de projetos de arquitetura (CUNHA, 2017).

A seguir são apresentadas algumas formas de como a estereoscopia pode beneficiar os diferentes tipos de projetos na arquitetura e urbanismo, com

aplicações práticas usando projetos fictícios. Depois seguem avaliações de como ela pode ser empregada no ensino-aprendizagem da arquitetura e do urbanismo.

3.3 Comentários sobre estratégias de projetos usando estereoscopia

3.3.1 Projeto Arquitetônico

Florio e Tagliari (2016, p.71) afirmam que “a experiência arquitetônica ocorre quando nos deslocamos no espaço durante o tempo” e para eles é claro “que a mera apreciação dos desenhos produzidos pelo arquiteto é insuficiente para a devida interpretação dos espaços por ele projetados”.

Ainda, de acordo com eles, as diferentes formas de apreciação do espaço estão diretamente relacionadas ao modo de circular por ele (FLORIO e TAGLIARI, 2016).

Grilo et al. (2015) elogiam os ambientes virtuais como forma de fazer estudos de insolação, já que neles é possível determinar a posição do sol para qualquer localização, hora, dia e mês do ano. Podendo ainda ver animações em tempo real da evolução da sombra no período determinado.

Veja abaixo um exemplo de projeto representado no Meu Passeio Virtual (Figura 22 e Figura 23), trazido pela Imersio VR, e compare a diferença entre uma imagem não renderizada (Figura 24) e outra renderizada em alta definição (Figura 25):



Figura 22 - Exemplo de projeto no Meu Passeio Virtual

Fonte: <https://tour360.meupasseiovirtual.com/0999/26032/como-usar-a-realidade-virtual-na-apresentacao-de-projetos-de-arquitetura/tourvirtual/>



Figura 23 - QR Code para o exemplo de projeto no Meu Passeio Virtual

Obs: Use seu leitor de QR Code para ver o projeto em Imagens 360° Imersivas



Figura 24 - Ambiente 360° não renderizado
Fonte: <https://imersiovr.wordpress.com/2018/09/04/como-usar-a-realidade-virtual-na-apresentacao-de-projetos-de-arquitetura/>



Figura 25 - Ambiente 360° renderizado em alta definição
Fonte: <https://imersiovr.wordpress.com/2018/09/04/como-usar-a-realidade-virtual-na-apresentacao-de-projetos-de-arquitetura/>

3.3.2 Projeto Elétrico e Hidráulico

Projetos elétricos e hidráulicos podem se beneficiar com o uso da estereoscopia, por exemplo pode-se modelar o 3D de modo que as paredes fiquem com 50% de transparência, evidenciando assim por onde estariam passando as tubulações hidráulicas e os fios elétricos.

Deste modo já estaria também facilitando a compatibilização de projetos, ajudando na previsão de erros e ajudando inclusive no momento da construção, ao disponibilizar a visão do projeto em primeira pessoa para os construtores da obra, para assim, eles terem um entendimento melhor do projeto.

Outra contribuição deste modelo de projeto estereoscópico com as paredes semitransparentes, seria disponibilizá-lo aos clientes que vão morar no imóvel, para que eles sabendo onde passam suas tubulações e fios tenham mais segurança na hora de furar uma parede para fixar um armário ou na hora de fazer uma reforma por exemplo.

Perceba neste exemplo de projeto hidráulico (Figura 26 e Figura 27) como é possível visualizar as tubulações através das paredes e piso, ainda diferenciando canos de água quente ou fria e canos de esgoto:

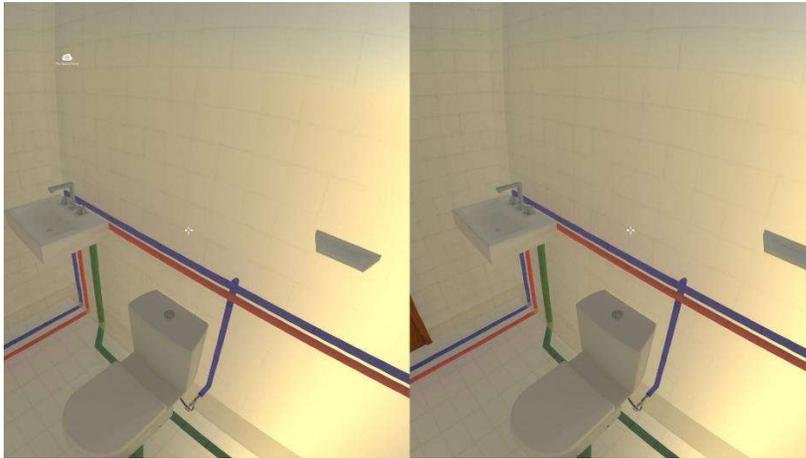


Figura 26 - Exemplo de projeto hidráulico com paredes semitransparentes
Fonte: autor

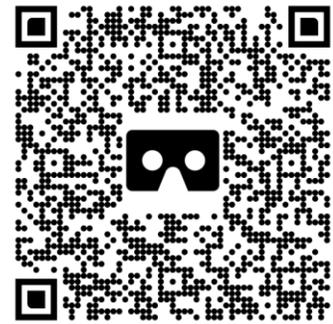


Figura 27 - QR Code para o exemplo de projeto no Meu Passeio Virtual
Obs: Use seu leitor de QR Code para ver o projeto em Imagens 360° Imersivas

3.3.3 Projeto de Iluminação

Em projetos de iluminação a estereoscopia também pode ser aplicada, o entendimento da iluminação poderá dar-se de um modo mais fácil quando o cliente se ver inserido dentro do ambiente. Pode-se fazer um vídeo 360° imersivo com diferentes situações – dia, noite, luzes de foco acesas/apagadas – e experimentar cada uma delas em sequência.

Veja neste vídeo na plataforma do Youtube, um exemplo de projeto (Figura 28 e Figura 29), um quarto de bebê com iluminação geral e de foco, renderizado de dia e a noite, formado pela junção de 6 imagens 360°:



Figura 28 - Exemplo de projeto de iluminação: Quarto da Laura
Fonte: autor

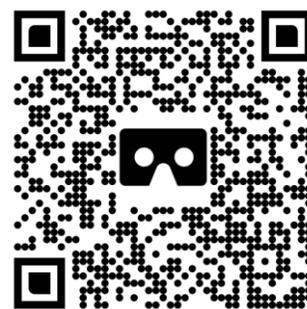


Figura 29 - QR Code para o exemplo de projeto no Youtube

Obs: Use seu leitor de QR Code para ver o projeto em Vídeo 360° Imersivo

3.3.4 Projeto de Interiores

A estereoscopia aplicada nos projetos de interiores poderia ajudar no planejamento da disposição da mobília do ambiente por exemplo. Poderia ajudar na hora de decidir os modelos e posições das esquadrias, cores e texturas das paredes, pisos e revestimentos, decorações, enfim, já se poderia tomar decisões que muitas vezes são tomadas depois da construção ter sido feita, por serem consideradas detalhes por alguns, mas que na verdade podem trazer consequências se forem tomadas decisões inadequadas. A estereoscopia assim, otimiza o processo decisório, pois pode-se adiantar a tomada de certas decisões e já adequar o projeto a elas antes mesmo do começo da construção.

Veja a seguir um exemplo de projeto, a Demonstração-1 do Planner 5D (Figura 30), para visualizar em realidade virtual é necessário ter o Planner 5D instalado em seu smartphone (este projeto já vem junto com o aplicativo):

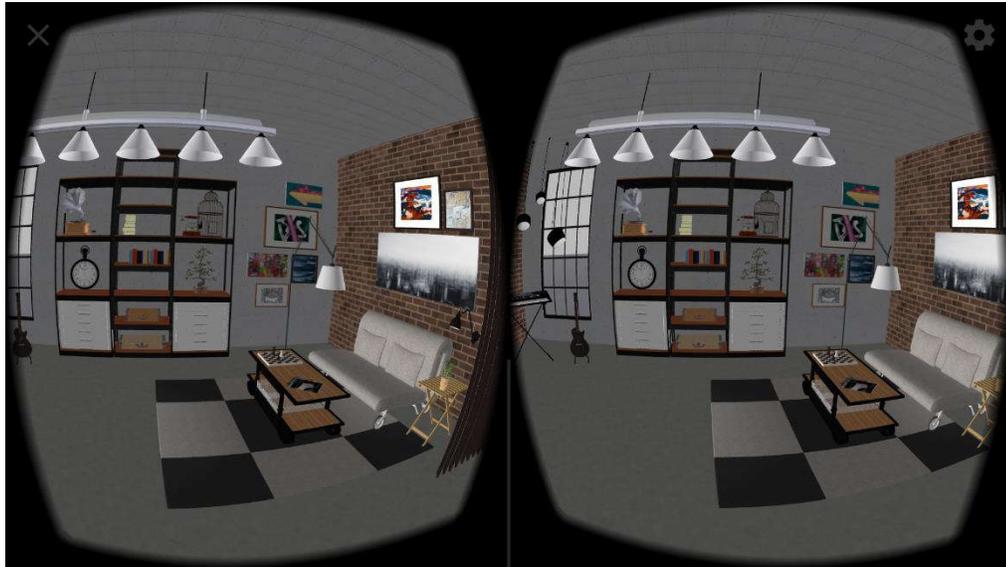


Figura 30 - Demonstração-1 do Planner 5D
Fonte: Aplicativo do Planner 5D para Android

3.3.5 Projeto de Paisagismo

Em um projeto paisagístico é necessário se preocupar com o entorno, clima, insolação e diversos outros fatores, com o auxílio da estereoscopia pode-se por exemplo, usar a Câmera Cardboard para registrar o entorno, modelar o projeto em seu programa de edição 3D favorito ou usar um programa de edição de imagens, e depois juntar ambos arquivos no ENTiTi Creator e tem-se a visão completa do projeto paisagístico e seu entorno, mostrando a relação entre eles, se estão em harmonia ou estão dissonantes.

O exemplo seguinte é um projeto de colocação de pérgolas ao redor dos bancos do Campus Universitário da Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP (Figura 31), e de algumas espécies de árvores. O projeto (Figura 32) poder ser visto no aplicativo do ENTiTi através da busca do termo “TFG-LucasArruda-Paisagismo” na busca da página inicial do app (Figura 33).



Figura 31 - Foto 360° do Campus da UFOP, capturada com o app Câmera Cardboard
Fonte: autor



Figura 32 - Exemplo de projeto paisagístico no ENTiTi
Fonte: autor



Figura 33 - Busca de projeto no app do ENTiTi para Android
Fonte: autor

3.3.6 Projeto de Urbanismo e Parcelamento do Solo

Projetos urbanísticos ou de parcelamento do solo podem se beneficiar com o uso da estereoscopia, na hora do estudo da área em questão, ao invés de fazer (apenas) o levantamento fotográfico comum, pode-se optar por fazer um levantamento fotográfico com imagem 360° panorâmicas imersivas com a Câmera Cardboard, deste modo, registrando uma quantidade muito maior de informações, lembrando que este aplicativo captura inclusive os sons do ambiente (ou narração), o que o faz registrar se é uma região em que há muito ruído por exemplo.

3.3.7 Projeto de Restauro e Conservação do Patrimônio

Prédios e obras arquitetônicas de valor histórico podem ser modelados em RV, e serem disponibilizados para visita virtual, promovendo a popularização dos mesmos, divulgando o patrimônio e ajudando na conscientização pela preservação, permitindo ainda, que deficientes físicos possam realizar a visita virtual em edificações que não podem sofrer modificações para a acessibilidade (REBELO, 1999).

Além disso

O uso da RV na representação de centros históricos também tem sido explorado. A reconstrução de centros históricos (arqueológicos ou arquitetônicos), em qualquer estado de conservação (ou desaparecidos), pode ser simulada em RV permitindo a qualquer pessoa a exploração do sítio para fins de pesquisa ou visita sem deslocamento ou danificações

destes monumentos. A primeira conferência dedicada à reconstrução e apresentação do patrimônio histórico aconteceu em Bath na Inglaterra em novembro de 1995 (Virtual Heritage'95, URL) devido ao crescente número de aplicações desenvolvidas nesta área. Dentre elas destacam-se assentamentos pré-históricos, antigas fortificações militares, cidades medievais, estruturas arquitetônicas destruídas por guerras ou pelo tempo, mobiliário, ornamentos e ferramentas antigas. Uma destas aplicações simula a cidade de Giotto onde o usuário explora a Basílica de São Francisco de Assis. Os afrescos da igreja servem de "link" para outros AVs representando cidades medievais inspiradas pelas visões de Giotto (BERTOL e FOELL³⁹, 1997 apud REBELO, 1999).

3.3.8 Projeto de Acessibilidade

A realidade virtual pode permitir a uma pessoa que necessita de cadeira de rodas explorar o ambiente virtual, tendo a mesma sensação que uma pessoa normal teria explorando o ambiente construído (REBELO, 1999).

Além disso, é possível testar as rotas para PNE (portadores de necessidades especiais) usando a estereoscopia para ter o ponto de vista delas, pode-se, por exemplo, determinar a altura que uma pessoa usando cadeira de rodas tem e fazer a rota com os óculos RV verificando se o projeto está adequado às necessidades dela.

O exemplo a seguir (Figura 34 e Figura 35) foi inspirado nas escadarias da Sede da Aachenmünchener, do escritório Kadawittfeldarchitektur, com a realidade virtual é possível testar vários modos de subir até o topo, a RV permite experimentar tanto a rota pela rampa quanto a rota pela escada.

³⁹ BERTOL, Daniela; FOELL, David (1997). **Designing Digital Space**: An a guide to virtual reality. John Wiley & Sons, Inc, 1997 - New York, NY.

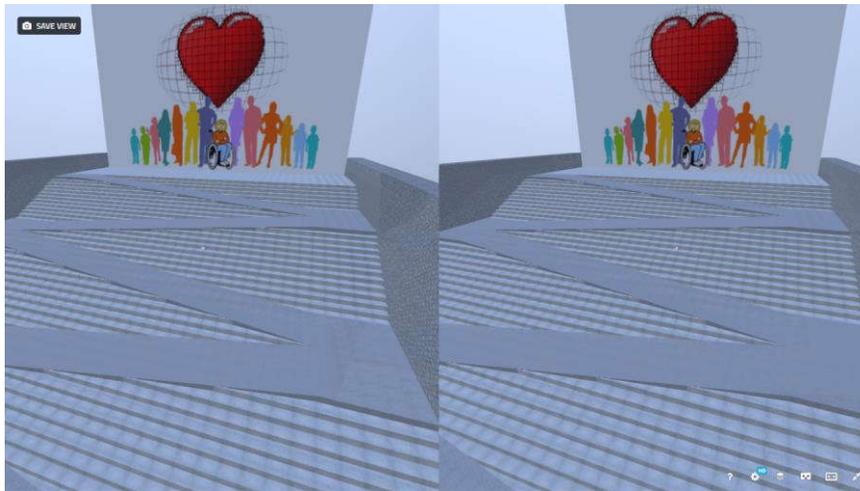


Figura 34 - Exemplo de projeto de acessibilidade: Escadas com rampas
Fonte: autor

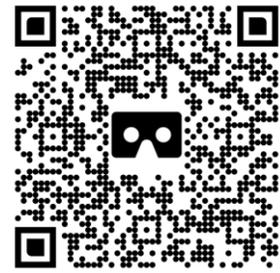


Figura 35 - QR Code para o exemplo de projeto no Sketchfab
Obs: Use seu leitor de QR Code para ver o projeto em Realidade Virtual

3.3.9 Projeto de Cenografia

O projeto cenográfico deve se preocupar com a iluminação, acústica, elementos de palco entre outros, e de como eles serão percebidos pelo público por diferentes ângulos de visão e posições na plateia. Grilo et al. (2015, p.5) discorrem que

Um dos objetivos da Realidade Virtual consiste em proporcionar ambientes, conhecidos como ambientes virtuais ou mundos virtuais, nos quais os usuários podem interagir com objetos ou indivíduos. A possibilidade de interação com o ambiente constitui uma característica marcante de um Ambiente Virtual.

A extensão deste conceito permite a demonstração e a discussão do projeto de um ângulo inusitado: do interior do projeto. Um teatro ou auditório pode ser percorrido por diferentes especialistas, proporcionando discussões sobre o campo visual, iluminação, acústica e outros, tanto do campo de visão da plateia, onde posições aleatórias podem ser experimentadas, sob o ângulo do palco e da administração.

A seguir será tratado sobre a inserção da estereoscopia no âmbito do ensino-aprendizagem da arquitetura e urbanismo e da adaptação dos docentes e discentes às novas tecnologias.

3.4 Ensino-Aprendizagem de Arquitetura e Urbanismo

As aulas de história da arquitetura e urbanismo poderiam ficar imensamente mais ricas se quando se falasse sobre a história do Coliseu, das pirâmides, das catedrais góticas, e de outras obras famosas, essas obras estivessem moduladas em realidade virtual, disponíveis aos alunos para fazerem um passeio por elas, tendo uma visão em primeira pessoa destes ambientes, experimentando diferentes locais e épocas, é, pois, imensurável o quanto o aprendizado deles aumentaria.

Espaços internos de projetos não construídos não podem ser investigados fisicamente, restando apenas a possibilidade de simulação computacional (FLORIO e TAGLIARI, 2016).

Outro aspecto relevante é ajudar os alunos a criarem uma visão espacial mais rápida, compreenderem com mais facilidade noções de altura, distância e espaço do que com maquetes físicas ou vistas planas de modelos 3D.

Uma pesquisa realizada por Cunha (2017) com 74 participantes, entre leigos, estudantes de arquitetura, arquitetos e comerciantes de imóveis, aponta que 78% dos entrevistados pensam que é mais intuitiva a noção de escala com a RV do que com desenhos técnicos/maquetes, 90% foram mais rápidos em perceber o espaço RV do que com as plantas, 90%⁴⁰ pensam que a RV pode ser uma ferramenta útil na fase de apresentação do projeto, e que 84%⁴¹ imaginam-se trabalhando com RV.

Pantelidis⁴² (1995, apud Grilo et al., 2015, p.8) observa que

As aplicações em Realidade Virtual para educação baseiam-se na criação de ambientes virtuais que devido à sua similaridade com o real possibilitam a exploração, a descoberta e a observação do problema ou objeto de estudo, auxiliando diretamente na construção de modelos mentais de

⁴⁰ Esta pergunta foi feita apenas a arquitetos e estudantes de arquitetura

⁴¹ Esta pergunta foi feita apenas a arquitetos, estudantes de arquitetura e comerciantes de imóveis.

⁴² PANTELIDIS V.S.; Reasons to Use Virtual Reality in Education, **VR in the Schools**, Jun. 1995.

Disponível em <<http://www.soe.ecu.edu/vr/vrits/1-1Pante.htm>>

conhecimento. Muitas vantagens são atribuídas ao uso de ambientes virtuais em educação

- Amplia a motivação do estudante;
- Possibilita ilustrar mais precisamente algumas características, processos, etc.;
- Permite a observação do objeto ou ambiente virtual de pequenas ou grandes distâncias;
- Fornece a oportunidade para melhor compreensão do objeto de estudo;
- Permite que o aluno proceda através da experiência no seu próprio ritmo;
- Não restringe o prosseguimento das experiências ao período de aula regular;
- Oferece a possibilidade de aprendizado de novas tecnologias;
- Requer interação, ou seja, encoraja a participação ativa em vez de passiva.

As mudanças surgem não só no modo de projetar, mas também nos elementos do projeto, Grilo et al. (2015, p.7) citam que

É possível que as plantas da metade do século XXI incluam compartimentos para diferentes atividades RV, tal como cápsulas para os membros da família se isolarem em diferentes mundos virtuais. Certamente, a casa do futuro caminha para se tornar um local de descanso, trabalho e entretenimento.

Cenário este já explorado em filmes futurísticos de ficção científica, como é o caso do filme “Jogador Nº1” de Steven Spielberg, lançado em 29 de março de 2018⁴³, em que há casas com espaços próprios para atividades com o óculos RV, e até mesmo empresa especializada com várias cabines e plataformas dedicadas ao uso da realidade virtual.

⁴³ ADORO CINEMA. **Jogador Nº1**. Disponível em <<http://www.adorocinema.com/filmes/filme-229831/>>. Acesso em 15 out. 2018.

Algumas universidades já aderiram ao uso da RV, e contam com laboratórios dedicados ao seu uso, a seguir será abordado o tema da inclusão desta tecnologia no ambiente acadêmico.

3.4.1 A inclusão de realidade virtual nas universidades

Cardoso (2017) relata sobre o Laboratório de Realidade Virtual (LRV) (Figura 36 e Figura 37) da Faculdade de Arquitetura da Universidade de Lisboa (FAUL) que:

Tem como objetivo principal apoiar a formação dos cursos de arquitetura, urbanismo e design como suporte às atividades de projeto, disponibilizando a utilização de equipamentos que permitam uma experiência virtual que melhore o desenvolvimento das áreas mais físicas de um projeto. Este laboratório divide-se em duas áreas: uma área destinada à parte do desenvolvimento teórico equipada com computadores e uma sala com equipamentos para pôr em prática os estudos desenvolvidos nas áreas da Realidade Virtual e da Realidade Aumentada. (Faculdade de Arquitetura de Lisboa, 2016 apud CARDOSO, 2017, p.25-26)



Figura 36 - Mesa de realidade aumentada
Fonte: CARDOSO, 2017

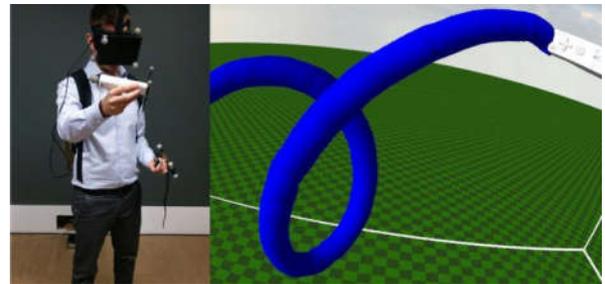


Figura 37 - AirSketching
Fonte: CARDOSO, 2017

Outro exemplo, trazido pela Casa Mais 360, é a Cardiff University, onde estão incluídas aulas em laboratório de Realidade Virtual (Figura 38) nas grades curriculares dos cursos de engenharia.



Figura 38 - Laboratório de Realidade Virtual
Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=BLTBQ7Fxt80>

3.4.2 A adaptação dos docentes e discentes às novas tecnologias

Cardoso (2005), em sua tese de doutorado, faz um relato de uma análise de trabalhos produzidos por alunos do curso de Arquitetura e Urbanismo da FAUFBA até o ano de 2005, feita através de entrevistas com professores, entrevistas e acompanhamentos dos trabalhos de alunos, e pesquisa de trabalhos anteriores que tivessem formas não convencionais.

Foi observado que todos os docentes viam as ferramentas CAD “apenas como instrumento de representação e não como ferramenta de concepção e validação das propostas”, sendo que a maioria deles não estimulava seu uso como instrumento projetual “quase sempre por desconhecer as potencialidades deste ferramental e, em muitos casos até de não saber utilizá-lo” (CARDOSO, 2005).

Dentre os motivos alegados pelos docentes como desvantagens desse ferramental estão o “problema da limitação de tela, que impõe o uso do recurso do zoom para a visualização de detalhes, perdendo-se então a visão do todo, [...] dificultando a crítica da proposta, necessária no processo projetual”. Outra crítica colocada por um docente foi

A sua dificuldade em analisar as propostas dos alunos apresentadas em pranchas plotadas em papel opaco (embora a plotagem possa ser feita em papel transparente), ou seja, sente falta da transparência do papel manteiga onde várias pranchas podem ser superpostas e analisadas concomitantemente. Com relação à esta crítica observa-se que esta

dificuldade existe pelo fato de se tentar transpor métodos de trabalho empregados quando se utilizam ferramentas tradicionais, ao trabalho realizado com o ferramental computacional. O emprego das ferramentas computacionais de auxílio ao projeto requer uma nova maneira de pensar o projeto e, portanto, métodos diferentes de trabalho, apropriados às suas características e dinâmica (CARDOSO, 2005, p.143).

Outra questão importante é quanto ao uso de “blocos”, que os estudantes fazem uso com frequência e muitas vezes sem fazer um estudo prévio de escala, ou identidade do desenho, criando projetos muito uniformes ou situações esdrúxulas (CARDOSO, 2005).

Contudo, vários docentes reconhecem que a utilização de ferramentas computacionais “como auxílio ao projeto precisa ser mais discutida entre os docentes, principalmente os de projeto”, já que elas já estão sendo utilizadas pelos alunos, havendo então a “necessidade de que os docentes conheçam melhor este ferramental para que possam inseri-los nas suas atividades didáticas” e até reformular as disciplinas de ateliês de projeto, eles também destacam que “o domínio da ferramenta é importante para determinar o seu grau de influência no desenvolvimento do projeto” (CARDOSO, 2005).

Na visão de Cardoso (2005), os docentes não incentivam o uso das novas tecnologias por desconhecerem seu potencial, ou desestimulam seu uso por achar “que este instrumental tolhe a criatividade, inibe os desenhos à mão livre, os estudos em croquis, que eles consideram ser a ferramenta ideal para a concepção do projeto”. Outros, apesar de achar seu uso benéfico, não sabem como orientar seus alunos como aplica-las. Para contornar essa situação

Faz-se necessária a discussão entre os docentes de projeto e os de informática aplicada no sentido de construir uma metodologia de trabalho, e que passa pelo treinamento dos docentes. Não que os docentes de projeto tenham que aprender a trabalhar com as ferramentas computacionais, mas que pelo menos conheçam suas características, suas propriedades, aplicações, enfim, seu potencial, para que possam então orientar seus

estudantes na aplicação destas no processo de projeto (CARDOSO, 2005, p.183-184).

Como recomendações, Cardoso (2005, p.193-194) incentiva que “as ferramentas CAD sejam incorporadas ao ensino de maneira mais efetiva, em especial nas disciplinas de projeto de arquitetura”, sendo necessário não só o conhecimento do programa, mas também o “treinamento dos seus professores, no sentido de que seja criada uma ‘metodologia de projeto’ adequada ao uso da ferramenta” que leve em conta a tecnologia, sem que se perca a capacidade crítica à arquitetura produzida. Recomenda entender “a Modelagem Tridimensional e a Simulação Digital como meios a serem usados no processo de projeto e não como produtos deste”, fazendo do ambiente computacional um ambiente de projeto.

O capítulo seguinte traz as considerações finais, fazendo um apanhado geral de tudo que foi exposto neste documento de uma forma crítica, depois faz sugestões para o desenvolvimento de um novo software visando atender melhor as demandas dos arquitetos e urbanistas, concluindo com sugestões para a popularização da estereoscopia no Brasil.

Capítulo 4 – Considerações Finais

Esta pesquisa mostrou que juntamente com o desenvolvimento humano, surgiu a necessidade de construir espaços não naturais para a habitação, e essa necessidade fez evoluir as técnicas de representação arquitetônica.

A representação gráfica foi feita desde desenhos na pedra, passando por representações no papel em perspectiva, geometria descritiva, desenho técnico, até chegar nos métodos de representação computacionais tecnológicos: CAD, BIM, realidade aumentada, realidade virtual, mídia 360° e realidade mista.

Atualmente estamos na fase em que os computadores nos permitem não apenas seguir as mesmas estratégias de projeto usadas no papel, mas permitem novas estratégias de projeto, muitas vezes ainda pouco exploradas, seja por desconhecimento ou seja por dificuldade e resistência de adaptação às novas tecnologias.

Como Alves (2009) já mencionou, é preciso que as estratégias de projeto estabelecidas pela geração pré-informática sejam revisadas e adaptadas às novas tecnologias para que surjam novas estratégias projetivas com ainda mais qualidade arquitetônica.

A representação imersiva, definida neste trabalho como a quarta corrente da arquitetura (composta pela RV, RM e mídias 360° imersivas), abre um mundo ilimitado de possibilidades, permitindo criar qualquer coisa, em qualquer época, qualquer lugar, e com quaisquer leis da física. Já é possível pensar em projetar casas em Marte⁴⁴, ou mundos com regras próprias para múltiplos usuários como no filme do Jogador Nº1, as possibilidades de criação são ilimitadas. Agora toda nossa imaginação pode se tornar realidade dentro de um mundo virtual.

⁴⁴ O'CONNELL, Kim A. **KieranTimberlake está usando realidade virtual para projetar uma casa em Marte**. 26 mar. 2017. Disponível em <<https://www.archdaily.com.br/br/867675/kierantimberlake-esta-usando-realidade-virtual-para-projetar-uma-casa-em-marte>>. Acesso em 22 nov. 2018.

Claro, nem tudo o que pode ser construído em AVIs pode ser construído também na vida real, talvez num futuro próximo possa surgir a profissão de "arquiteto de mundos virtuais" para criação de projetos que não se preocupem em ser construídos no mundo real, mas que sigam apenas as regras de um mundo virtual específico. Especulações à parte, enquanto este futuro não chega, o que importa no presente momento são as possibilidades que os AVIs trazem para os projetos que realmente serão construídos no mundo real.

Cattani (2006) já relatou que o projeto arquitetônico deve dar conta do 'momento de concepção' e do 'momento de construção da obra', mas mesmo antes da construção, seja por antecipação ou por desistência do projeto, ele pode ser construído e explorado através de uma representação imersiva, e ter todos seus aspectos avaliados antes da sua construção, ou apesar da sua não-construção, como nas investigações de Florio e Tagliari (2016) de projetos não construídos aparadas por recursos computacionais.

A estereoscopia, base para a representação imersiva, já foi descoberta há mais de um século, a Linha do Tempo mostrou que várias outras tecnologias surgidas há décadas ainda não têm o seu espaço bem estabelecido na arquitetura. Neste sentido, há a necessidade de uma adaptação mais rápida às 'novas tecnologias', pois 'novíssimas tecnologias' já estão em desenvolvimento e prestes a serem lançadas. Quanto mais adaptados os arquitetos estiverem aos lançamentos recentes, mais possibilidades projetivas e construtivas serão possíveis de serem criadas.

As imagens e vídeos 360°, pouco explorados em outros trabalhos acadêmicos e muitas vezes confundidos com realidade virtual, são muito populares nas redes sociais, e já estão sendo muito utilizadas por imobiliárias na divulgação de imóveis para venda. Elas muitas vezes conseguem ter uma qualidade de imagem melhor que a RV, mesmo que tenham menos recursos que ela, seu potencial não deve ser menosprezado.

A realidade virtual, por se dividir em programas e equipamentos para PC e os para smartphone, acaba gerando a divisão de público alvo de cada uma delas. A RV para

PC, muito mais dispendiosa, tem muito mais recursos e possibilidades de criação disponíveis, porém ainda está limitada a um público restrito. Já a RV para smartphone, acessível a uma grande parcela da população, conta com recursos limitados, tanto pelas limitações de processamento dos smartphones, tanto pela falta de programas gratuitos com recursos semelhantes a RV-PC. Talvez seja este um dos motivos da dificuldade da popularização da estereoscopia na arquitetura brasileira.

Os softwares de mídia 360° e RV citados neste trabalho, lançados entre 2011 e 2017 e com atualizações constantes ainda hoje, são uma seleção do autor de alguns softwares gratuitos com bons recursos, com a intenção de promover a popularização de ferramentas estereoscópicas no meio acadêmico e profissional da arquitetura e urbanismo. Foi feita uma descrição detalhada do potencial de cada uma delas, de forma que o leitor tenha capacidade de escolher a ferramenta mais adequada para seu propósito em questão. Não existe aqui uma ferramenta melhor que a outra, apenas algumas que são mais adequadas que outras para determinados fins.

Quanto a realidade mista, ela é uma promessa que nos deixa cheios de expectativas, um equipamento que permitirá visualizar um mundo virtual sobreposto ao mundo real, sem ter as limitações da realidade aumentada de escala e de limitação da tela do smartphone. Quando estiver disponível comercialmente a todos os usuários, a RM provavelmente será o próximo passo da evolução tecnológica na arquitetura, e também em muitas outras áreas.

Este trabalho mostrou que os instrumentos técnicos usados no ato de projetar e construir edificações têm grande influência na forma plástica dos edifícios, mas podem também ser limitadores da criatividade do arquiteto, levando ele a adoção de novas ferramentas que sejam capazes de expressar e documentar suas ideias. Mas a adoção de novas ferramentas não auxilia apenas na representação do projeto, como também pode modificar a forma de como o edifício será projetado, sendo necessário para isso que o arquiteto conheça e domine as ferramentas possíveis

de serem utilizadas, visto que isto determinará seu grau de influência no projeto (CARDOSO, 2005).

Foi dado o exemplo da National Nederlanden de Frank Gehry, onde o auxílio computacional foi decisivo para reprodução do modelo, através do uso das splines e B-splines, curvas complexas representadas por equações. Contudo, as antigas ferramentas de representação gráfica não devem ser deixadas de lado, visto que o próprio Gehry ressalta que inicialmente trabalha com esboços e que seu estudo de volumetria é feito por meio de maquetes, todavia é necessário o auxílio do CATIA para que seus projetos possam ser viabilizados e executados, como foi no caso do Museu Guggenheim em Bilbao (BRUGEN, STEELE, 1997, 2001 apud CARDOSO 2005).

Mas, como expôs Sales (2005), não só de softwares será feita a atualização das estratégias de projetos em arquitetura, sendo necessário também o desenvolvimento de novos hardwares e novas formas de interação homem-máquina, de modo que o projetista possa 'vestir' a tecnologia e adentrar completamente no AVI experimentando o projeto de forma 'quase tátil', conseguindo uma imersão total tanto para o arquiteto quanto para os clientes.

Foi abordado também o tema do trabalho colaborativo, onde os novos sistemas de comunicação permitiram o desenvolvimento de um mesmo projeto por diferentes pessoas de diferentes nacionalidades em diferentes fuso-horários possibilitando o projeto ser trabalhado 24/7 (24 horas por dia, 7 dias por semana). Com o auxílio da RV, os AVs para múltiplos usuários permitirão discutir, esboçar, dimensionar e redesenhar o projeto em tempo real, resultando em melhores projetos. Experimentos estes que já estão em desenvolvimento, em ferramentas como o Maquetteer, relatado por Cunha (2017).

Quanto ao ensino-aprendizagem de novas tecnologias no âmbito acadêmico, algumas universidades já contam com Laboratórios de Realidade Virtual disponíveis aos seus alunos. Enquanto em outras ainda há a dificuldade da adaptação às tecnologias CAD, como relata Cardoso (2005), muitos docentes não veem as novas tecnologias como auxílio na hora de projetar, mas apenas como instrumentos

representativos para serem usadas depois que o projeto já estiver todo idealizado, seja por desconhecerem o potencial das ferramentas ou por não saberem utilizá-las. Os discentes, porém, as utilizam, mas por aprenderem geralmente sem a supervisão docente acabam cometendo falhas, como a colocação de 'blocos' fora da escala, por exemplo, por acharem o desenho 'pronto' e não adotarem a visão crítica sobre o que estão fazendo.

O que precisa ser feito é a união docentes-discentes para fazer acontecer uma atualização conjunta de ambas as partes, os discentes têm que aprender as bases tradicionais de projeto para que possam analisar criticamente os processos automatizados que as novas ferramentas de criação proporcionam, enquanto os docentes têm que aprender sobre as funcionalidades das novas tecnologias para não mais acontecer de criar a mesma coisa de forma diferente (transposição de estratégias tradicionais de projeto às novas tecnologias), mas sim começar a desenvolver novas estratégias de projeto possibilitadas pelas novas ferramentas, que não seriam possíveis com as antigas, ao mesmo tempo em que devem promover a liberdade dos discentes escolherem quais ferramentas eles preferem usar, entendendo que cada um se adaptará melhor a uma ferramenta específica.

Há muitos recursos já disponíveis ainda não explorados ou pouco explorados, e ainda muitos outros em desenvolvimento. A atualização da forma como trabalhamos se mostra necessária e será muito benéfica, tanto aos profissionais da arquitetura, quanto à sociedade como um todo.

A seguir estarão comentadas algumas sugestões para um novo software estereoscópico, e sugestões para a popularização da estereoscopia no Brasil.

Sugestões para um novo software

Há ainda uma grande diferença entre as possibilidades geradas pelos dispositivos RV para computador e os para smartphone, diferença essa refletida também no preço de cada um deles. A Startup HoloBuilder produziu um quadro comparativo (Quadro 5) entre os principais headsets RV-PC e headsets RV-S, avaliando preço, qualidade de imagem, vantagens e desvantagens de cada um deles:

	Oculus Rift	HTC Vive	Google Cardboard
Preço	US\$ 599	US\$ 799	US\$ 20
Preço total	Aproximadamente US\$ 1200	Aproximadamente US\$ 1400	Varia, funciona com vários smartphones Android e iOS
Resolução	2160 x 1200 pixels	2160 x 1200 pixels	Depende do smartphone utilizado
Taxa de atualização de imagem	90 FPS	90 FPS	Depende do smartphone utilizado
Campo de visão	110 graus	110 graus	Depende do smartphone utilizado
Prós	Headset confortável e leve. Rastreamento de cabeça de 360°. Fácil de configurar.	Controlador sem fio. Acompanha sua posição na sala. Fácil de configurar.	Custo de aquisição competitivo. Fácil de transportar. Fácil de configurar.
Contras	Alto custo de aquisição. Sem controlador (ainda). Muitos fios, possíveis problemas de segurança. Solução estacionária.	Alto custo de aquisição. Requer espaço livre para movimentação. Solução estacionária.	Frágil e pode quebrar facilmente.

Quadro 5 - Comparativo dos dispositivos de Realidade Virtual

Fonte: <https://medium.com/holobuilder/the-construction-professionals-guide-to-virtual-reality-headsets-d850e738da98> (adaptado).

Outra diferença está nos controles apropriados para cada tipo de headset, nos headsets RV para PC os controles bluetooth têm sensor de movimento com seis graus de liberdade, que permitem capturar o movimento do usuário em qualquer direção no espaço, enquanto nos headsets RV para smartphone os controles bluetooth só possibilitam a movimentação por meio de botões direcionais, ignorando as movimentações do corpo do usuário, levando em consideração apenas os movimentos da cabeça.

Quanto as diferenças proporcionadas pelo hardware desses dispositivos, percebe-se que a RV-PC tem muito mais potencial, mas é muito menos acessiva, pelo menos para a pessoa física, mas é acessível às empresas e às universidades, por exemplo. As universidades poderiam criar laboratórios de realidade virtual para sua

comunidade acadêmica, com equipamentos mais sofisticados para incentivar a pesquisa nesta área, e a disseminação e o desenvolvimento das novas tecnologias.

Na questão das diferenças proporcionadas pelos softwares nota-se que na RV-S já é possível visualizar e interagir com imagens e vídeos 360° imersivos; se movimentar em ambientes virtuais imersivos através de teleporte ou 'andando' com os direcionais do controle; alterar o horário do dia e dia do ano; adicionar som tridimensional, luzes, vídeos, imagens e objetos 3D; determinar a altura do observador; adição de legendas, comentários e textos 3D; adição de animações pré-programadas; integração com o SketchUp e Revit; e compatibilidade com controlador bluetooth. Enquanto a RV-PC proporciona estes recursos todos e muitos outros.

O ideal, para a estereoscopia entrar de vez no campo arquitetônico, e liberar ainda mais o potencial criativo dos arquitetos, seria o desenvolvimento de um novo software gratuito, ou ao menos com licença gratuita para uso educacional, que reunisse todos os recursos que os aplicativos de RV-S já proporcionam em um só programa, e além destes, que agregasse o máximo possível de recursos da RV-PC. Abaixo está organizada uma lista dos principais recursos que a RV-PC tem a mais, em ordem de importância na visão do autor deste trabalho, e que contribuiriam profundamente se fossem adicionados a RV-S:

- **Interoperabilidade**, para a integração de arquivos produzidos em diversos programas diferentes.
- **Adição, movimentação e edição de materiais e luzes em tempo real**, para ampliar a sensação de imersão com a interatividade.
- **Realizar medições dentro do ambiente virtual**, para fins de verificação da adequação do projeto de forma mais fácil e rápida.
- **Poder mudar a escala dentro do ambiente virtual**, para não perder a visão do todo nem 'se perder' dentro do ambiente virtual

- **Adicionar notas e comentários dentro do modelo**, para facilitar a comunicação entre os diversos profissionais envolvidos.
- **Registro de imagens e vídeos 360° dentro do ambiente virtual**, para criar material publicitário para seus clientes de forma facilitada.
- **Customização de avatares (para AVs com múltiplos usuários)**, para facilitar a comunicação e interação entre os profissionais envolvidos, em um esforço de tentar transmitir sentimentos e expressões através do ambiente virtual.

Nos últimos anos novos programas surgiram, e ainda hoje continuam em constante atualizações, deixa-se este subcapítulo como orientações a alguém que tenha (ou busque) conhecimentos em programação e deseje dar uma contribuição para otimizar as ferramentas estereoscópicas para arquitetos e urbanistas, podendo também ser a base para uma tese de mestrado, por exemplo.

Adiante serão expressas algumas sugestões para estimular o uso da estereoscopia no Brasil, tanto no meio acadêmico quanto no mercado imobiliário.

Sugestões para popularização da estereoscopia no Brasil

A realidade virtual e as imagens 360° imersivas, são tecnologias que existem há bastante tempo, mas foi com a inserção delas nas redes sociais do Facebook e Youtube que elas despertaram o interesse do grande público. Hoje em dia já há algumas imobiliárias e escritórios de arquitetura que trabalham com estas tecnologias, mas ainda há um atraso para a inserção satisfatória delas no meio acadêmico.

Pensando em reverter essa situação, considera-se como um bom incentivo para despertar o interesse em trabalhar com a estereoscopia o lançamento de concursos de projetos, onde as propostas necessariamente devessem ser apresentadas em RV ou em tours virtuais de imagens 360°, por exemplo.

Outra possibilidade é a iniciativa privada tomar a iniciativa, promovendo treinamento estereoscópico aos seus funcionários, trainees e estagiários, para que eles dominem esta tecnologia e aprimorem a produção da empresa, fazendo ela ganhar

notoriedade no cenário nacional, o que poderia despertar o interesse de mais empresas usarem a estereoscopia também. Bem como poderiam promover feiras e exposições para evidenciarem os benefícios que a estereoscopia pode trazer no setor de projetos e construção civil.

Incentiva-se a criação de startups que foquem em resolver problemas específicos, uma (ou mais) focada em resolver a questão do ensino das novas tecnologias para a comunidade acadêmica (estudantes e professores), outra focada no ensino da estereoscopia para empresas, outra no ensino para profissionais autônomos, alguma focada na prestação de serviços terceirizados, outra no desenvolvimento de softwares, outra no desenvolvimento de hardwares, e o que mais considerar-se necessário.

Foi realizada uma pesquisa pela consultoria americana CB Insights, em 2017, que constatou que entre as 100 Startups de construção civil mais inovadoras do mundo, sete estão no segmento de startups de "Robótica – Realidade virtual e aumentada", o que mostra que as startups realmente podem ser um bom caminho a se seguir para o desenvolvimento da estereoscopia (ALVES, 2017).

Uma contribuição Legal que poderia ser dada é que na profissão de vigilante, por exemplo, de acordo com o Decreto 89.056/83, a cada 2 anos os profissionais devem fazer um curso de reciclagem, visando a excelência do profissional. O CAU poderia adotar um sistema parecido: Recomendar aos arquitetos uma reciclagem a cada 5 anos, para os profissionais se adaptarem as novas tecnologia e estratégias de projeto e construção que estiverem surgindo, seria uma ótima forma de popularização das novas tecnologias em geral.

A estereoscopia não veio para tomar o lugar das outras ferramentas, ela veio para somar e permitir novas possibilidades, quanto mais ela for utilizada, mais novos caminhos antes despercebidos poderão ser notados e utilizados. Experimente deixar a 'corrente da representação imersiva' libertar sua criatividade.

Referências

Teses de Doutorado, Mestrado, Monografias, Revistas e Artigos

ADAM, Gavin. Um Balanço Bibliográfico e de Fontes da Estereoscopia. **Anais do Museu Paulista**, São Paulo, v. 6/7, p. 207-225, (1998-1999). Editado em 2003. Disponível em <<http://www.redalyc.org/html/273/27300710/>> ISSN 0101-4714. Acesso em 23 jun. 2018.

ALVES, Gilfranco Medeiros. O desenho analógico e o desenho digital: a representação do projeto arquitetônico influenciado pelo uso do computador e as possíveis mudanças no processo projetivo em arquitetura. **IV PROJETAR 2009**, Projeto Como Investigação: Ensino, Pesquisa e Prática, FAU-UPM, São Paulo, Brasil, Outubro, 2009.

AMORIM, Arivaldo Leão de; PEREIRA, Gilberto Corso. Ateliê Cooperativo de Simulação Digital em Arquitetura e Urbanismo. **SIGraDi biobio2001**. Disponível em <<http://www.researchgate.net/publication/239600518>>. Acesso em: 08 out. 2018.

CARDOSO, Christina Araujo Paim. **Formas Arquitetônicas**: Possibilidades em Ambiente Computacional. 2005. 229f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo com concentração em Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2005.

_____. Forma arquitetônica e as tecnologias de representação gráfica. **PROJETAR 2003**, I Seminário nacional sobre o ensino e pesquisa em projeto de arquitetura, PPGAU-UFRN, Natal, Brasil, Outubro, 2003.

CARDOSO, Pedro Miguel Pires. **Realidade Virtual**: Um contributo para a arquitetura. 2017. 62f. Dissertação - Escola de Comunicação, Arquitetura, Artes e Tecnologias de Informação. Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, Lisboa, 2017.

CATTANI, Airton. Arquitetura e representação gráfica: Considerações históricas e aspectos práticos. **Arqtexto**. n.9, p. 110-123, 2006.

CUNHA, Mariana Marques da Silva Branco. **Ambientes Virtuais e Imersivos: Emprego da Realidade Virtual na concepção e na comunicação do projeto de Arquitetura.** 2017. 149f. Tese (Mestrado Integrado em Arquitetura com especialização em Interiores e Reabilitação do Edificado) - Faculdade de Arquitetura, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2017.

FERNANDES, Tiago; PEREIRA Luís. **Vídeo em 360° - O Futuro do Vídeo?**. Instituto Superior Técnico, Lisboa, Portugal. Disponível em <<http://web.tecnico.ulisboa.pt/~ist177896/multimedia/>>. Acesso em 27 set. 2018.

FLORIO, Wilson; TAGLIARI, Ana. Modelagem e animação para análise de espaços em projetos não construídos. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 7, n. 2, p. 61-74, jun. 2016. ISSN 1980-6809. Disponível em: <<http://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8643565>>. Acesso em 20 jun. 2018.

FLORIO, Wilson. **Contribuições do Building Information Modeling no processo de projeto em arquitetura.** III Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção Civil, Porto Alegre, RS, 11 e 12 jul. 2007. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/268377365>>. Acesso em 08 out. 2018.

GRILO, Leonardo; MONICE, Simone; SANTOS, Eduardo T.; MELHADO, Sílvio. **Possibilidades de aplicação e limitações da realidade virtual na arquitetura e na Construção Civil.** 2015. Disponível em <<https://www.researchgate.net/publication/228522928>>. Acesso em 20 jun. 2018.

REBELO, Irla Bocianoski. **Realidade virtual aplicada à arquitetura e urbanismo: representação, simulação e avaliação de projetos.** 1999. 115f. Tese (Mestrado em Engenharia de Produção) - PPGEP, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis, 1999.

RODRIGUES, G. P.; PORTO C. M. Realidade Virtual: Conceitos, evolução, dispositivos e aplicações. **Interfaces Científicas - Educação**, Aracajú, v. 01, n. 03, p. 97 – 109, jun. 2013

SALES, Gastão Santos. **Ambientes totais para ensino de projeto arquitetônico: Novos paradigmas de utilização da informática.** 2005. 229f. Tese (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo com concentração em Projeto de Arquitetura) – CPG, FAU, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

Sites

360 3D. **Tudo que você precisa saber sobre fotos em 360.** 24 abr. 2017. Disponível em <http://3603d.com.br/tour-virtual/tudo-que-voce-precisa-saber-sobre-fotos-em-360/>. Acesso em 23 jun. 2018.

ALVES, Nadine. **As 100 Startups de construção civil mais inovadoras do mundo.** 20 jul. 2017. Disponível em <https://constructapp.io/pt/100-startups-de-construcao-civil/>. Acesso em 02 dez. 2018.

ADORO CINEMA. **Jogador Nº1.** Disponível em <http://www.adorocinema.com/filmes/filme-229831/>. Acesso em 15 out. 2018.

AUTODESK APP STORE. **ENTiTi AR / VR Exporter – Revit.** Disponível em <https://apps.autodesk.com/RVT/en/Detail/Index?id=2453573418981504717&appLang=en&os=Win64>. Acesso em 19 jun. 2018.

BRASIL. **Decreto Nº 89.056, de 24 de novembro 1983.** Brasília: Presidência da República do Brasil, 1983. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/Antigos/D89056.htm. Acesso em 02 dez. 2018.

CARDBOARD BRAZIL. **Saiba se seu smartphone funciona no cardboard.** Disponível em <http://cardboardbrazil.com.br/2016/04/29/saiba-smartphone-funciona-cardboard/>. Acesso 24 jun. 2018.

CASA MAIS 360. **Realidade Virtual ajuda profissionais da construção civil a prever erros e reduzir custos com obras.** 30 jan. 2018. Disponível em <https://www.casamais360.com.br/realidade-virtual-ajuda-profissionais-da-construcao-civil-prever-erros-e-reduzir-custos-com-obras/>. Acesso em 18 nov. 2018.

EDUCALINGO. **O que significa estereoscopia em português.** Disponível em <<https://educalingo.com/pt/dic-pt/estereoscopia>>. Acesso em 23 jun. 2018.

FACEBOOK. **Planner 5D: Sobre.** Disponível em <https://www.facebook.com/pg/Planner5D/about/?ref=page_internal>. Acesso em 19 jun. 2018.

FRANCO, José Tomas. **O que é o BIM e por que ele é fundamental nos projetos arquitetônicos atualmente?** 09 fev. 2018. Disponível em <<https://www.archdaily.com.br/br/888814/o-que-e-o-bim-e-por-que-ele-e-fundamental-nos-projetos-arquitetonicos-atualmente>>. Acesso em 08 out. 2018.

GOOGLE PLAY. **Kubity.** Disponível em <<https://play.google.com/store/apps/developer?id=Kubity>>. Acesso em 08 set. 2018.

_____. **ENTiTi.** Disponível em <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.wakingapp.wakingapp&hl=pt_BR>. Acesso em 19 jun. 2018.

_____. **MeuPasseioVirtual 2.2.** Disponível em <<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.ImersioVR.MeuPasseioVirtualH>>. Acesso 19 jun. 2018.

_____. **Sketchfab.** Disponível em <<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.sketchfab.sketchfab>>. Acesso em 19 jun. 2018.

IMERSIO VR. **MEUPASSEIOVIRTUAL:** Conheça o MeuPasseioVirtual, a principal plataforma de Tours Virtuais 360° e experiências em Realidade Virtual e Aumentada. Disponível em <<https://imersiovr.com/solucoes/meupasseiovirtual/>>. Acesso 19 jun. 2018.

_____. **Plataforma de Realidade Virtual e Aumentada: Conheça os planos e preços do MeuPasseioVirtual.** Disponível em

<<https://imersiovr.com/solucoes/meupasseiovirtual/planos/>>. Acesso 19 jun. 2018.

KESKEYS, Paul. **Apps for Architects: Instantly Convert, Share and Visualize Any SketchUp or Revit Model**. Disponível em <<https://architizer.com/blog/practice/tools/apps-for-architects-sketchup-revit-kubity/>>. Acesso em 19 jun. 2018.

KLUG, Maicon. **Arquiteta fala sobre o uso de imagens 360° e Realidade Virtual em projetos de arquitetura**. 29 mai. 2018. Disponível em <<https://imersiovr.wordpress.com/2018/05/29/arquiteta-fala-sobre-o-uso-de-imagens-360-e-realidade-virtual-em-projetos-de-arquitetura>>. Acesso em 16 out. 2018.

KUBITY. **About Us**. Disponível em <<https://blog.kubity.com/history/>>. Acesso em 19 jun. 2018.

MATOS, Paulo. **Realidade Mista: o que é e para que serve**. 05 mar. 2018. Disponível em <<http://exameinformatica.sapo.pt/tutoriais/2018-03-05-Realidade-Mista-o-que-e-e-para-que-serve>>. Acesso 24 jun. 2018.

MICROSOFT. **Review and place order**. Disponível em <<https://www.microsoft.com/en-us/store/buy/checkout>>. Acesso em 27 set. 2018.

O'CONNELL, Kim A. **KieranTimberlake está usando realidade virtual para projetar uma casa em Marte**. 26 mar. 2017. Disponível em <<https://www.archdaily.com.br/br/867675/kierantimberlake-esta-usando-realidade-virtual-para-projetar-uma-casa-em-marte>>. Acesso em 22 nov. 2018.

PLANNER 5D. **Walk through your dream home in 3D!**. Disponível em <<https://planner5d.com/pt/vr/>>. Acesso em 19 jun. 2018.

_____. **Works on any device!**. Disponível em <<https://planner5d.com/pt/edu/>>. Acesso em 19 jun. 2018.

REDAÇÃO TERRA. **Google confirma compra do YouTube por US\$ 1,65 bi.** 09 out. 2006. Disponível em <<http://tecnologia.terra.com.br/noticias/0,,OI1182065-EI12884,00-Google+confirma+compra+do+YouTube+por+US+bi.html>>. Acesso 19 jun. 2018.

RENATO, Flávio. **O que é fotografia panorâmica.** 12 abr. 2012. Disponível em <<http://www.techtudo.com.br/artigos/noticia/2012/04/o-que-e-fotografia-panoramica.html>>. Acesso em 23 jun. 2018.

ROTELLA, Jimmy. **Como a realidade virtual transformará para sempre a maneira como projetamos nossos edifícios.** 11 fev. 2018. Disponível em <<https://www.archdaily.com.br/br/888624/como-a-realidade-virtual-transformara-para-sempre-a-maneira-como-projetamos-nossos-edificios>>. Acesso em 20 nov. 2018.

SKETCHFAB. **Exporters.** Disponível em <<https://sketchfab.com/exporters>>. Acesso em 19 jun. 2018.

_____. **About Sketchfab: Enter new dimensions.** Disponível em <<https://sketchfab.com/about>>. Acesso em 19 jun. 2018.

_____. **Press Kit.** Disponível em <<https://sketchfab.com/press>>. Acesso em 19 jun. 2018.

SUBMARINO.COM. **Kit HTC VIVE realidade virtual - VR (Realidade aumentada).** R\$ 7.800,00. Disponível em <<https://www.submarino.com.br/produto/27450869/kit-htc-vive-realidade-virtual-vr-realidade-aumentada>>. Acesso em 24 jun. 2018.

_____. **Oculos De Realidade Virtual 3d + Controle Bluetooth - Vr Box 038.** R\$ 24,90. Disponível em <<https://www.submarino.com.br/produto/17379374/oculos-de-realidade-virtual-3d-controle-bluetooth-vr-box-038>>. Acesso em 24 jun. 2018.

TECHTUDO. **Câmera Cardboard.** Disponível em <<https://www.techtudo.com.br/tudo-sobre/camera-cardboard.html>>. Acesso 25 set. 2018.

WAKINGAPP. **A little about us**. Disponível em <<https://www.wakingapp.com/about>>. Acesso em 19 jun. 2018.

YOUTUBE. **About**. Disponível em <<https://www.youtube.com/intl/pt-BR/yt/about/>>. Acesso em 19 jun. 2018.

YOUTUBE CREATOR BLOG. **A new way to see and share your world with 360-degree vídeo**. 13 mar. 2015. Disponível em <<https://youtube-creators.googleblog.com/2015/03/a-new-way-to-see-and-share-your-world.html>>. Acesso em 19 jun, 2018.

Fontes da Linha do tempo

ARRUDA, Felipe. **A história dos processadores**. 16 jun. 2011. Disponível em <<https://www.tecmundo.com.br/historia/2157-a-historia-dos-processadores.htm>>. Acesso em 15 out. 2018.

BBC. **Primeiro smartphone completa 20 anos**. 16 ago. 2014. Disponível em <https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2014/08/140815_smartphone_vinte_anos_rb>. Acesso em 14 out. 2018.

CANTU, Ana. **A História e o Futuro da Computação em Nuvem**. 20 dez. 2011. Disponível em <https://www.dell.com/learn/br/pt/brbsdt1/sb360/social_cloud>. Acesso em 15 out. 2018.

CASA MAIS 360. **Pioneira em vídeos 360 e realidade virtual**. 2017. Disponível em <<https://www.casamais360.com.br/pioneira-em-videos-360-e-realidade-virtual/>>. Acesso em 14 out. 2018.

FÁBIO, André Cabette. **Tim Berners-Lee, o criador da internet global. E suas críticas à rede hoje**. 13 mar. 2018 (atualizado 11 abr. 2018). Disponível em <<https://www.nexojornal.com.br/expresso/2018/03/13/Tim-Berners-Lee-o-criador-da-internet-global.-E-suas-cr%C3%ADticas-%C3%A0-rede-hoje>>. Acesso em 14 out. 2018.

FIEMS. **Realidade Aumentada:** do Pokémon Go aos cursos do Senai. 22 jul. 2016. Disponível em <<http://www.fiems.com.br/noticias/realidade-aumentada-do-pokemon-go-aos-cursos-do-senai/21959>>. Acesso em 14 out. 2018.

GARRETT, Filipe. **Veja quais foram os principais processadores de Intel e AMD em 2017:** Core i9, Threadripper e parceria surpreendente marcaram o ano das gigantes. 17 dez. 2017. Disponível em <<https://www.techtudo.com.br/noticias/2017/12/veja-quais-foram-os-principais-processadores-de-intel-e-amd-em-2017.ghtml>>. Acesso em 15 out. 2018.

GROSSMANN, Cesar. **A primeira filmadora portátil do mundo parecia uma arma.** 05 mai. 2018. Disponível em <<https://hypescience.com/a-primeira-filmadora-portatil-do-mundo-parecia-uma-arma/>>. Acesso em 14 out. 2018.

GUERREIRO, Diogo. **Início da fotografia (1826) – Parte 1.** 19 abr. 2013. Disponível em <<https://www.fotografia-dg.com/inicio-da-fotografia-1826/>>. Acesso em 14 out. 2018.

HISTÓRIA DE TUDO. **História do automóvel.** 2016. Disponível em <<http://www.historiadetudo.com/automovel>>. Acesso em 14 out. 2018.

MENEZES, Gilda Lucia Bakker Batista de. Breve histórico de implantação da plataforma BIM. **Cadernos de Arquitetura e Urbanismo**, v.18, n.22, 21º sem. 2011. Disponível em <https://www.researchgate.net/publication/264992377_Breve_historico_de_implantacao_da_plataforma_BIM>. Acesso em 14 out. 2018.

MIRANDA, Juliana. **Qual foi o primeiro notebook da história da informática?** 2015. Disponível em <<https://www.sitedecuriosidades.com/curiosidade/qual-foi-o-primeiro-notebook-da-historia-da-informatica.html>>. Acesso em 14 out. 2018.

MUSARDO, Fernanda. **Primeiro computador digital eletrônico – ENIAC.** 2013. Disponível em <<http://musardos.com/primeiro-computador-digital-eletronico-eniac/>>. Acesso em 14 out. 2018.

SANTIAGO, Emerson. **Motor a vapor**. 2012. Disponível em <<https://www.infoescola.com/termodinamica/motor-a-vapor/>>. Acesso em 14 out. 2018.

SANTOS, Marco Aurélio da Silva. **Como surgiu o avião?** Disponível em <<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/como-surgiu-aviao.htm>>. Acesso em 14 out. 2018.

TAGIAROLI, Guilherme. **Ideia do pen drive surgiu após falta de cópia de apresentação, diz inventor**. 08 jun. 2015. Disponível em <<https://tecnologia.uol.com.br/noticias/redacao/2015/06/08/ideia-do-pendrive-surgiu-apos-falta-de-copia-de-apresentacao-diz-inventor.htm>>. Acesso em 15 out. 2018.

TUDO CELULAR. **Câmera Cardboard**: App captura fotos em realidade virtual com o seu smartphone. 03 dez. 2015. Disponível em <<https://www.tudocelular.com/android/noticias/n64468/google-cardboard-camera-app.html>>. Acesso em 15 out. 2018.

YOUTUBE. **Apresentação MeuPasseioVirtual - Pitch Sinapse**. 29 fev. 2016. Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=GmtysHLwZjE>>. Acesso em 15 out. 2018.

Certifico que o trabalho de conclusão de curso intitulado “**Como arquitetos e urbanistas podem se beneficiar com o uso da estereoscopia: realidade virtual e imagens 360°**” de autoria do aluno **Lucas Santos Arruda**, foi aprovado sem recomendações de alteração pela banca examinadora e que estou de acordo com a versão final do trabalho.



Clécio Magalhães do Vale

Orientador

Ouro Preto, 19 de MARÇO de 2019