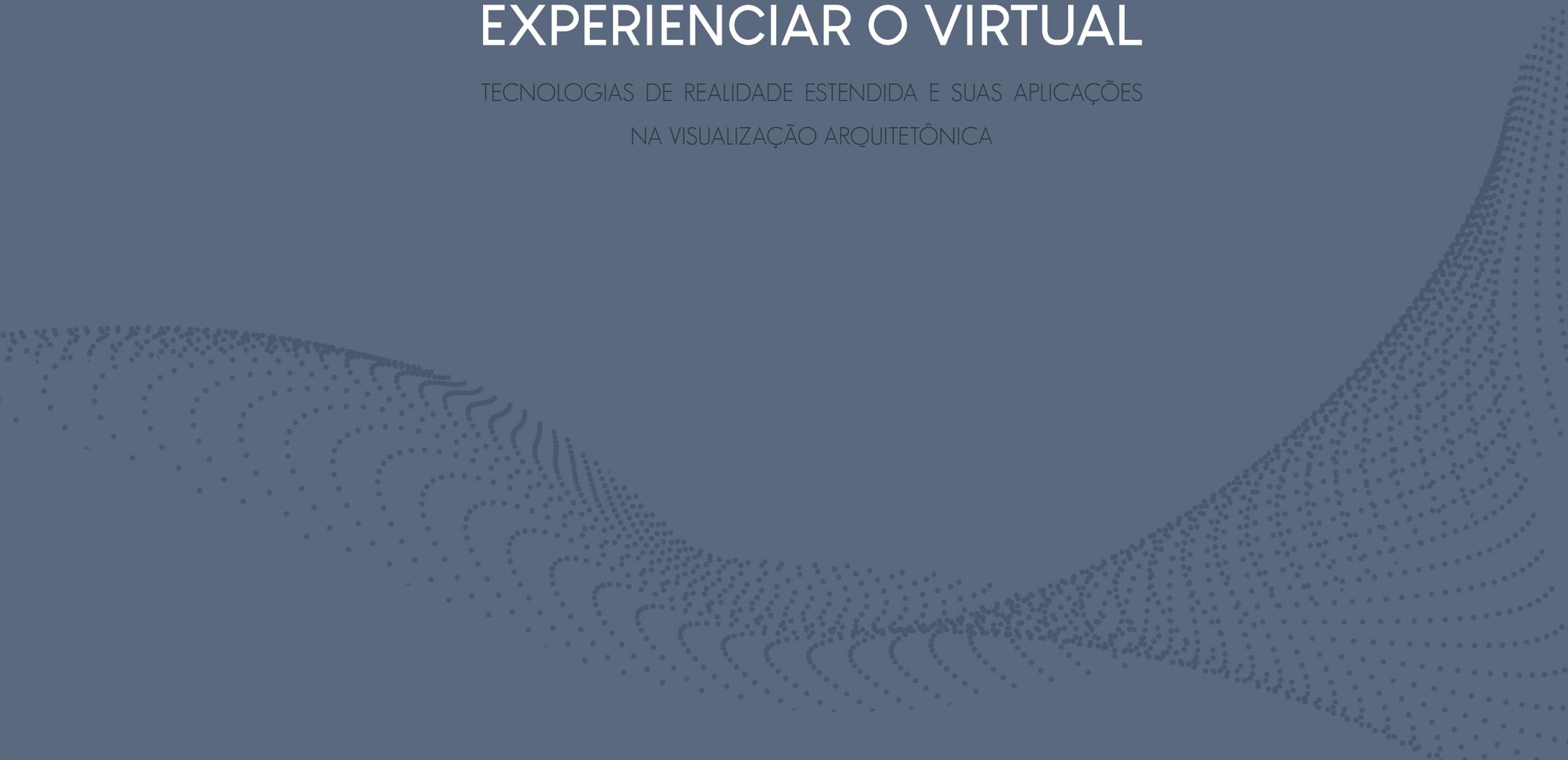


# EXPERIENCIAR O VIRTUAL

TECNOLOGIAS DE REALIDADE ESTENDIDA E SUAS APLICAÇÕES  
NA VISUALIZAÇÃO ARQUITETÔNICA



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE ARTES E COMUNICAÇÃO  
ARQUITETURA E URBANISMO

ALEXANDRE PEREIRA DE SOUZA FILHO

**EXPERIENCIAR O VIRTUAL**  
TECNOLOGIAS DE REALIDADE ESTENDIDA E SUAS  
APLICAÇÕES NA VISUALIZAÇÃO ARQUITETÔNICA

RECIFE  
2022

ALEXANDRE PEREIRA DE SOUZA FILHO

**EXPERIENCIAR O VIRTUAL**  
TECNOLOGIAS DE REALIDADE ESTENDIDA E SUAS  
APLICAÇÕES NA VISUALIZAÇÃO ARQUITETÔNICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Arquitetura e Urbanismo, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Bacharel em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Pernambuco.

**Orientador: Luiz Manuel do Eirado Amorim**

RECIFE  
2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Souza Filho, Alexandre Pereira de.

Experienciar o virtual: tecnologias de Realidade Estendida e suas aplicações na Visualização Arquitetônica / Alexandre Pereira de Souza Filho. - Recife, 2022. 97 p. : il.

Orientador(a): Luiz Manuel do Eirado Amorim

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Artes e Comunicação, Arquitetura e Urbanismo - Bacharelado, 2022.

Inclui referências, apêndices.

1. Realidade Estendida. 2. Visualização Arquitetônica. 3. Realidade Virtual. 4. Realidade Aumentada. 5. Realidade Mista. I. Amorim, Luiz Manuel do Eirado. (Orientação). II. Título.

720 CDD (22.ed.)

## AGRADECIMENTOS

À família em que nasci, especialmente meus pais, Alexandre e Cristiane, que sempre me incentivaram, com muita atenção, amor e carinho a buscar conhecimento e evolução pessoal. À família que criei dentro da Universidade: André, Camilla, Ewerton, Jacqueline e Ruama, que tornaram, graças a sua presença em minha vida, os meus momentos de felicidade ainda mais duradouros e os momentos de dificuldade bem mais leves. Às famílias que me adotaram fora da Universidade: Camilla, com quem vivi tantos bons momentos; e meus amigos da adolescência e infância, com os quais amadureci e aprendi sobre diferentes vivências. Ao meu orientador, Luiz Amorim, que me guia desde o início de minha trajetória acadêmica. E, por fim, a todos os colegas, professores e demais conhecidos que à sua maneira contribuíram para minha formação pessoal e profissional.

## RESUMO

O presente trabalho visa a difusão de conhecimento a respeito das aplicações de Realidade Estendida no campo da Visualização Arquitetônica, através da elaboração de uma revisão de literatura comentada que reúne as contribuições teóricas, práticas, e seus impactos na área da Arquitetura e Urbanismo.

A Visualização Arquitetônica relaciona-se com a Computação Gráfica, sendo um processo de experimentação de modelos arquitetônicos virtuais criados por meio de modelagens digitais complexas e artifícios de renderização de imagens fotorealistas. Uma das formas de se visualizar e interagir com tais modelos arquitetônicos virtuais é através da Realidade Estendida, um conceito que engloba tecnologias que combinam a nossa realidade com o mundo virtual, dividindo-se em três componentes, cada qual integrando mais ou menos elementos virtuais ao mundo real: a Realidade Aumentada, Virtualidade Aumentada e Realidade Virtual (MILGRAM, 1994). Dada sua relativa recenticidade e o acesso dificultado a meios de informação detalhados especializados no assunto, pode-se apontar uma certa confusão por parte do público leigo a respeito da definição de cada uma dessas três tecnologias que compõem a Realidade Estendida e como elas se relacionam com a área de Visualização Arquitetônica.

Dessa forma, buscou-se apresentar de forma organizada informações que contribuam para o entendimento gradual de cada uma das instâncias dessa tecnologia, adquiridas através de pesquisas exploratórias e bibliográficas por contribuições a respeito do tema.

Através da análise dos conteúdos especializados e visões relacionadas a cada uma das instâncias da Realidade Estendida aplicada na Visualização Arquitetônica, pôde-se observar que, graças à sua versatilidade e relativa facilidade de manuseio, a Realidade Virtual vem sendo a instância de Realidade Estendida mais aplicada nesta área, superando a Realidade Aumentada e a Virtualidade Aumentada, que, por sua vez, é a tecnologia menos empregada na exibição de elementos arquitetônicos, graças às suas limitações ainda presentes. Conforme o nível de desenvolvimento tecnológico, acessibilidade ao público consumidor e facilidade de desenvolvimento vão aumentando, as tecnologias de Realidade Estendida vão encontrando cada vez mais uso dentro da Visualização Arquitetônica, e, futuramente, aquelas aplicações que hoje ainda são pouco exploradas, podem se tornar viáveis à medida em que suas limitações diminuam.

**Palavras-chave:** Realidade Estendida, Realidade Virtual, Realidade Aumentada, Virtualidade Aumentada, Visualização Arquitetônica

## LISTA DE IMAGENS

<b>Imagem 1-</b> <i>Continuum</i> de Realidade Mista de Milgram.....	12
<b>Imagem 2-</b> Realidade Aumentada Baseada em Marcadores.....	16
<b>Imagem 3-</b> RA Baseada em Localização no aplicativo Yelp...	16
<b>Imagem 4-</b> Prova de roupas digitais em RA no aplicativo Snapchat.....	17
<b>Imagem 5-</b> Capturas de tela do jogo Minecraft Earth.....	17
<b>Imagem 6-</b> Primeiro protótipo de dispositivo de Realidade Aumentada.....	18
<b>Imagem 7-</b> RA no experimento <i>Super Cockpit</i> , da Força Aérea dos EUA.....	19
<b>Imagem 8-</b> Captura de tela do jogo The Eye of Judgement....	20
<b>Imagem 9-</b> Capturas de tela do jogo Pokemon Go.....	21
<b>Imagem 10-</b> Angry Birds AR, jogo em Realidade Aumentada.....	21
<b>Imagem 11-</b> Espaço complementado por Realidade Aumentada.....	22
<b>Imagem 12-</b> Campus real sobreposto por campus virtual através de RA.....	23
<b>Imagem 13-</b> Utilização do projeto ARTHUR.....	24
<b>Imagem 14-</b> Visualização do edifício em vista aérea.....	24
<b>Imagem 15-</b> Visualização de mobília em Realidade Aumentada.....	25
<b>Imagem 16-</b> Utilização do ARUDesigner.....	26
<b>Imagem 17-</b> Utilização do ARchitectureView.....	26
<b>Imagem 18-</b> Protótipo de sistema de Realidade Aumentada.....	27
<b>Imagem 19-</b> Construções do IGA 2017 em Realidade Aumentada.....	27
<b>Imagem 20-</b> Visualização de elementos arquitetônicos específicos.....	28
<b>Imagem 21-</b> Visualização das edificações propostas por alu-	

nos.....	28	<b>Imagem 32-</b> Demonstração da Euclidean’s Hologram Rooms for Business.....	41
<b>Imagem 22-</b> Demonstração do funcionamento do Art-Heritage.....	29	<b>Imagem 33-</b> Demonstração de Virtualidade Aumentada da Magic Leap.....	41
<b>Imagem 23-</b> Utilização do SmartReality em projeto arquitetônico.....	30	<b>Imagem 34-</b> Projeto de Virtualidade Aumentada criado por Rotab (2016).....	42
<b>Imagem 24-</b> Visualização de modelo 3D no ARki 2.0.....	30	<b>Imagem 35-</b> Demonstração prática do Sketchup Viewer.....	42
<b>Imagem 25-</b> Mobiliário visto pelo Ikea Place.....	31	<b>Imagem 36-</b> Aplicações de Virtualidade Aumentada na Visualização Arquitetônica.....	44
<b>Imagem 26-</b> Passeio turístico complementado por Realidade Aumentada.....	31	<b>Imagem 37-</b> Personagem no jogo Grand Theft Auto V.....	48
<b>Imagem 27-</b> Fotografia de aplicativo em Realidade Aumentada.....	32	<b>Imagem 38-</b> Tour virtual de exposição no Museu do Louvre...49	
<b>Imagem 28-</b> Aplicações de Realidade Aumentada na Visualização Arquitetônica.....	34	<b>Imagem 39-</b> Avatares reunidos no jogo VR Chat.....	49
<b>Imagem 29-</b> Jogador interagindo com EyeToy.....	37	<b>Imagem 40-</b> Fotografia do Sensorama.....	50
<b>Imagem 30-</b> Magic Leap One.....	38	<b>Imagem 41-</b> The Ultimate Display de Sutherland.....	51
<b>Imagem 31-</b> Microsoft HoloLens 2.....	40	<b>Imagem 42-</b> Interação de usuária com o Videoplace.....	51
		<b>Imagem 43-</b> Máquinas de arcade da Virtuality Group.....	53

<b>Imagem 44-</b> Dispositivo protótipo do Sega VR.....	54
<b>Imagem 45-</b> Atração VR-1.....	54
<b>Imagem 46-</b> Jogo do Nintendo Virtual Boy.....	55
<b>Imagem 47-</b> Carro equipado com câmera do Google Street View.....	56
<b>Imagem 48-</b> Oculus Rift.....	56
<b>Imagem 49-</b> Google Cardboard.....	57
<b>Imagem 50-</b> Oculus Quest 2.....	58
<b>Imagem 51-</b> Espaço em Realidade Virtual criado na Unreal Engine.....	59
<b>Imagem 52-</b> Proposições em Realidade Virtual.....	60
<b>Imagem 53-</b> Experiência multijogador dentro de Realidade Virtual.....	61
<b>Imagem 54-</b> Visualização e personalização de interiores.....	61
<b>Imagem 55-</b> Imagem renderizada em formato estereoscópico.....	63
<b>Imagem 56-</b> Imagem final de ambiente em Realidade Virtual.....	63
<b>Imagem 57-</b> Jogador interagindo no jogo de Realidade Virtual.....	64
<b>Imagem 58-</b> Fotografia de Kandovan, no Irã.....	65
<b>Imagem 59-</b> Recriação dos autores em Realidade Virtual.....	65
<b>Imagem 60-</b> Vista panorâmica de tecido urbano em aplicativo de RV.....	66
<b>Imagem 61-</b> Vista em Realidade Virtual Semi-Imersiva.....	67
<b>Imagem 62-</b> Vista em Realidade Virtual Imersiva criada pela REinVR.....	67
<b>Imagem 63-</b> Vista em Realidade Virtual Imersiva de Paris histórica.....	68
<b>Imagem 64-</b> Interface de usuário da Prospect.....	69
<b>Imagem 65-</b> Aplicações de Realidade Virtual na Visualização Arquitetônica.....	71

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>10</b>	4.1 Imersão e Presença.....	46
1. Realidade Estendida e Visualização Arquitetônica.....	11	4.1.1 Tipos de Realidade Virtual.....	48
<b>REALIDADE AUMENTADA.....</b>	<b>14</b>	4.2 Um breve histórico da Realidade Virtual.....	50
2. O que é Realidade Aumentada?.....	15	4.3 Visualização Arquitetônica e Realidade Virtual.....	60
2.1 Tipos de Realidade Aumentada.....	15	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>72</b>
2.2 Um breve histórico da Realidade Aumentada.....	18	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>74</b>
2.3 Visualização Arquitetônica e Realidade Aumentada.....	22	<b>ANEXOS</b>	
<b>VIRTUALIDADE AUMENTADA.....</b>	<b>35</b>	<b>01- Realidade Estendida e Visualização Arquitetônica: Cartilha Explicativa</b>	
3. O que é Virtualidade Aumentada?.....	36		
3.1 Um breve histórico da Virtualidade Aumentada.....	36		
3.2 Visualização Arquitetônica e Virtualidade Aumentada.....	40		
<b>REALIDADE VIRTUAL.....</b>	<b>45</b>		
4. O que é Realidade Virtual?.....	46		

CAPÍTULO 01  
**INTRODUÇÃO**

## 1. Realidade Estendida e Visualização Arquitetônica

Nas últimas duas décadas, o constante progresso das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) viabilizou o avanço na qualidade de precisão dos artifícios de escaneamento do espaço que nos circunda e os objetos que o compõem, possibilitando a criação de ferramentas acessíveis que nos permitem replicar física ou digitalmente nossa realidade nas mais diversas escalas (CARPO, 2017).

Nesse contexto, nota-se a emergência de tecnologias de impressão tridimensional, escaneamento e modelagem de objetos virtuais, bem como plataformas de projeção de Realidade Estendida, que visam aumentar, em variados níveis, a interatividade entre o mundo real e o virtual através do mapeamento do ambiente construído que nos circunda, e dos elementos que o constituem.

Pode-se pontuar que cada uma das supracitadas tecnologias vem sendo estudada ou explorada de alguma forma no âmbito da Arquitetura (RAEL, SAN FRATELLO, 2018; MATHUR, 2016). No entanto, identifica-se um expressivo aumento de estudos relacionados às tecnologias de Realidade Estendida – também conhecidas como *Extended Reality*– neste campo, tanto no cenário acadêmico internacional (WHYTE, 2003; PORTMAN *et al.*, 2015; MILTIADIS, 2018; KOWALSKI

*et al.*, 2020; CHAN *et al.*, 2022; IBRAHIM *et al.*, 2021) quanto nacional (GRILO, L. *et al.*, 2001; LOURES BRANDÃO *et al.*, 2018; PEREIRA, 2018; PINA, 2020).

A Realidade Estendida é um termo genérico utilizado para englobar tecnologias que buscam, com o auxílio de equipamentos (podendo estes serem computadores, celulares *smartphones*, visores, controles, aparelhos, vestes e etc.), combinar a nossa realidade com o mundo virtual, sendo elas: Realidade Aumentada (RA), Virtualidade Aumentada (VA) e Realidade Virtual (RV).

Ainda existe certa confusão por parte do público geral a respeito da definição de cada uma dessas três tecnologias (LEMES, 2021), uma vez que certas fontes de informações não-especializadas acabam abordando conceitos que as constituem de forma errônea ou superficial. Pode-se afirmar que cada tecnologia constituinte da Realidade Estendida tem características únicas, diferindo-se umas das outras sobretudo pelo seu grau de integração com nossa realidade material.

Essencialmente, enquanto a Realidade Aumentada constitui-se de informações e elementos visuais transpostos no espaço do usuário (TORI *et al.*, 2020), a Realidade Virtual transporta o indivíduo a um ambiente digital, sendo, de acordo com Regenbrecht e Donath (1997, p. 201), o “componente

de comunicação que ocorre em um espaço sintético gerado por computador e incorpora humanos como parte integrante do sistema”. A Virtualidade Aumentada, por sua vez, é um intermédio entre as duas supracitadas tecnologias, constituindo-se de novas interfaces onde os objetos do mundo virtual e do mundo real podem não apenas coexistir, mas também interagir uns com os outros em tempo real.



Imagem 1- Continuum de Realidade Mista de Milgram  
Fonte: Adaptado de Milgram *et al.* (1994)

Com a emergente popularização desta tecnologia na área de Arquitetura, diversos campos de atuação a ela relacionados passaram a experimentar sua utilização: concepção de projetos (WANG, 2009), construção (SATO *et al.*, 2016), visualização, simulações etc. É, compreendendo a diversidade de aplicações da Realidade Estendida no âmbito da Arquitetura, que o presente trabalho tem como objetivo principal minuciar a utilização das três instâncias desta tecnologia com enfoque na Visualização Arquitetônica, uma área que muito se relaciona com as Tecnologias de Informação e Comunicação, e que se beneficia diretamente dos avanços ocorrentes nesta área. Para tal, pretende-se analisar as contribuições teóricas a respeito da

utilização de Realidade Aumentada, Virtualidade Aumentada e Realidade Virtual no setor, produzindo uma revisão bibliográfica a respeito da aplicação dessas três instâncias neste campo específico da Arquitetura; discutindo contribuições de cada um desses temas na Visualização Arquitetônica e elaborando uma cartilha informativa a respeito do assunto com o uso de ilustrações e infográficos produzidos.

A Visualização Arquitetônica é, de acordo com Mitchell (2020), o processo de experimentação de modelos digitais de estruturas, construções e ambientes criados por meio da computação, fazendo uso de métodos de modelagem tridimensionais complexos e ferramentas de renderização. Os modelos criados por ferramentas de Visualização Arquitetônica podem ser apresentados em variados formatos: fotografias, vídeos, jogos interativos, tours virtuais, hologramas, e até mesmo interfaces onde o próprio usuário se insere num espaço virtual, com o auxílio de aparatos que utilizam tecnologias de Realidade Estendida, permitindo-lhe interagir com elementos digitais como se estes fossem reais.

Visando cumprir os objetivos listados anteriormente, o trabalho constituiu-se como uma pesquisa exploratória estruturada em pesquisas bibliográficas de produções nacionais e internacionais relacionadas aos temas a ele concernentes. Organizou-se, assim, intencionando fornecer, de forma delinea-

da, informações que subsidiem o entendimento dos graduais processos de mudanças e avanços relacionados às tecnologias de Realidade Estendida ocorridos nos últimos tempos até a atualidade, baseando-se em quatro partes. As três primeiras destinam-se à contextualização da Realidade Aumentada, Virtualidade Aumentada e Realidade Virtual, respectivamente, apresentando definições a respeito de cada uma delas, conceitos importantes que as caracterizam, seu histórico de desenvolvimento e seus usos no campo da Visualização Arquitetônica, enquanto a quarta e última é destinada à produção do material informativo de ampla divulgação que sintetiza as informações apresentadas neste trabalho.

Desta forma, espera-se contribuir para a difusão de conhecimento a respeito desta área emergente da tecnologia, que vem se popularizando cada vez mais na área de Arquitetura e Urbanismo.

CAPÍTULO 02

# REALIDADE AUMENTADA

## 2. O que é Realidade Aumentada?

A Realidade Aumentada é uma tecnologia que, de acordo com Williams II (2017), atua como um meio de enriquecimento do ambiente real com objetos virtuais, usando algum dispositivo tecnológico, funcionando em tempo real. Seu uso possibilita que indivíduos possam relacionar-se com elementos virtuais de maneira intuitiva, com o auxílio de instrumentos que possibilitem a captação de imagens, como câmeras, smartphones, capacetes especiais, etc.

Dentre outras definições de Realidade Aumentada, a que – segundo Tori *et al.* (2020, p.33) – possui um maior nível de detalhamento é aquela apresentada por Azuma *et al.* (2001), que a caracteriza como um sistema que suplementa o mundo real com objetos virtuais sobrepostos gerados por computador, apresentando as seguintes propriedades:

1. Sobrepõe objetos reais e virtuais no ambiente real;
2. É interativa e executada em tempo real;
3. Alinha objetos reais e virtuais entre si;
4. Relaciona-se com diversos sentidos do corpo humano, como os de toque, força, audição, visão, etc.

Através de processos de rastreamento do espaço e de movimento, o sistema de Realidade Aumentada identifica onde e como os elementos virtuais são apresentados ao usuário. Tais elementos podem ser interativos, permitindo que o usuário possa, por exemplo, mudar seus materiais, movê-los, etc. No entanto:

“Para que tudo isso funcione da maneira mais transparente e intuitiva para o usuário, é preciso que se utilize um dispositivo de visualização apropriado que reconheça as movimentações entre o ponto de vista do observador em relação ao restante do ambiente, por exemplo. Vários dispositivos podem ser utilizados, dependendo do tipo de exploração do ambiente aumentado. Por exemplo, em situações típicas de turismo, usamos o celular para fotografar e para nos localizar – nada mais imediato que usar também o celular em ambientes externos como forma de visualização do ambiente aumentado. Pode-se ainda usar um capacete (em inglês seria o HMD – *Head Mounted Display*) de visualização com uma câmera acoplada, mostrando a visão real enriquecida com os elementos virtuais posicionados adequadamente pelo computador (video see-through)” (TORI *et al.*, 2020, p. 11.).

### 2.1 Tipos de Realidade Aumentada

Conforme apontado por Edwards-Stewart (2016), a Realidade Aumentada pode ser dividida em três categorias gerais: tecnologias de Realidade Aumentada Acionável, Aumento Digital Não-Específico e Aumento Digital Indireto.

A primeira constitui-se de artifícios que dependem de um elemento ou estímulo que sirva como “gatilho” para seu acionamento, subdividindo-se em quatro tipos. A RA Baseada em Marcadores (Imagem 2), por exemplo, é ativada pelo contato com objetos do mundo físico pré-definidos ou elementos impressos em papel, podendo complementá-los digitalmente ou utilizá-los como uma forma de acessar o conteúdo digital.

De outra maneira, valendo-se da posição informada pelo GPS do dispositivo do usuário como um método de acionamento, a Realidade Aumentada Baseada em Localização (Imagem 3) disponibiliza informações de acordo com a disposição de pontos de interesse próximos.



Imagem 2- Realidade Aumentada Baseada em Marcadores  
Fonte: <https://c.realme.com/>, Acesso em 03/11/2022

Outro tipo de Realidade Aumentada acionável é a RA Dinâmica (Imagem 4), que se adequa em tempo real ao objeto especificado à medida em que ele muda de posição, tamanho e aparência, através de mecanismos de captura e rastreamento de movimento. Ela se relaciona diretamente com a Realidade Aumentada Complexa, por esta ser sua junção com a Realidade Aumentada Baseada em Localização, adicionando às vistas do mundo real informações fornecidas pela Internet de acordo com a posição e ponto de vista do usuário.

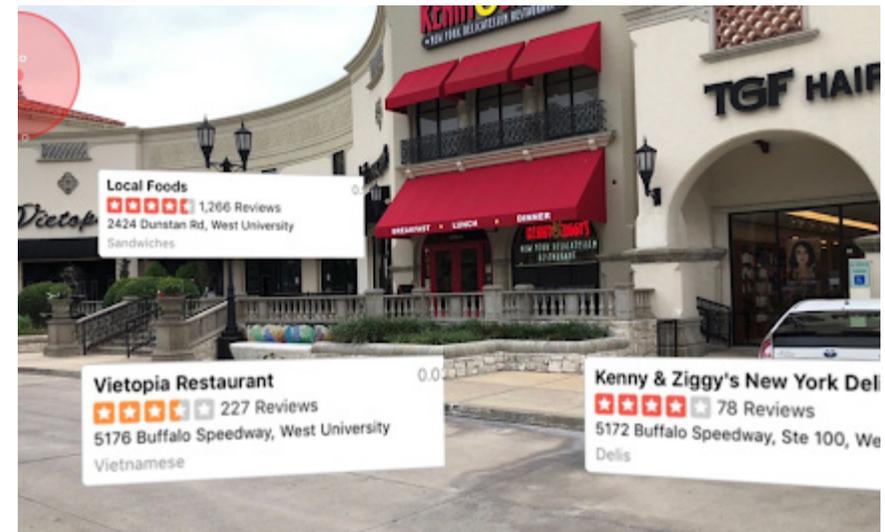


Imagem 3- RA Baseada em Localização no aplicativo Yelp  
Fonte: <https://www.houstonchronicle.com/>, Acesso em 03/11/2022

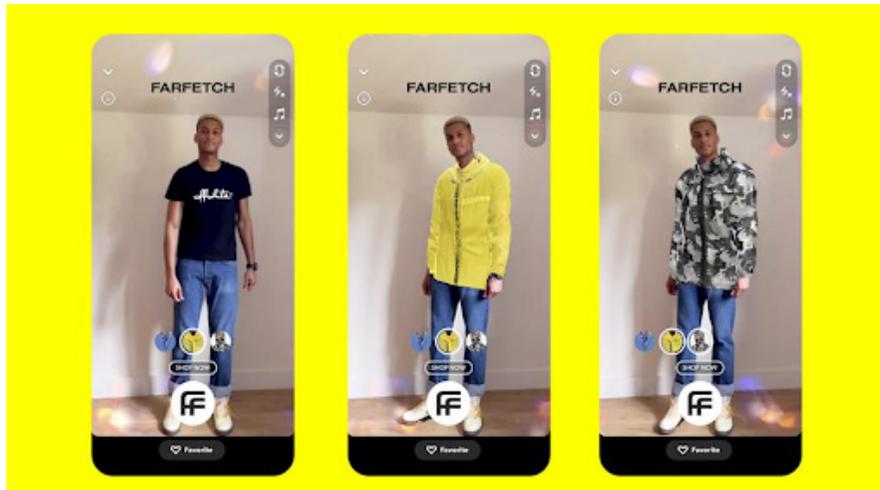


Imagem 4- Prova de roupas digitais em RA no aplicativo Snapchat

Fonte: <https://www.forbes.com/>, Acesso em 03/11/2022

Por outro lado, a categoria de Aumento Digital Não-Específico (Imagem 5), muito comum em jogos digitais (ex: Pokémon Go), cria uma vista dinâmica de um mundo virtual, permitindo que o usuário interaja com o que lhe é apresentado, mas sem basear-se na localização real do indivíduo.

Diferente das categorias e tipos supracitados, que baseiam-se em movimentação, localização ou ambos, o Aumento Digital Indireto não se alinha a posições reais, interagindo com uma vista estática do mundo: fotografias, desenhos etc., alterando elementos específicos destas imagens, como, por exemplo, a cor de paredes ou o material de alguma mobília.

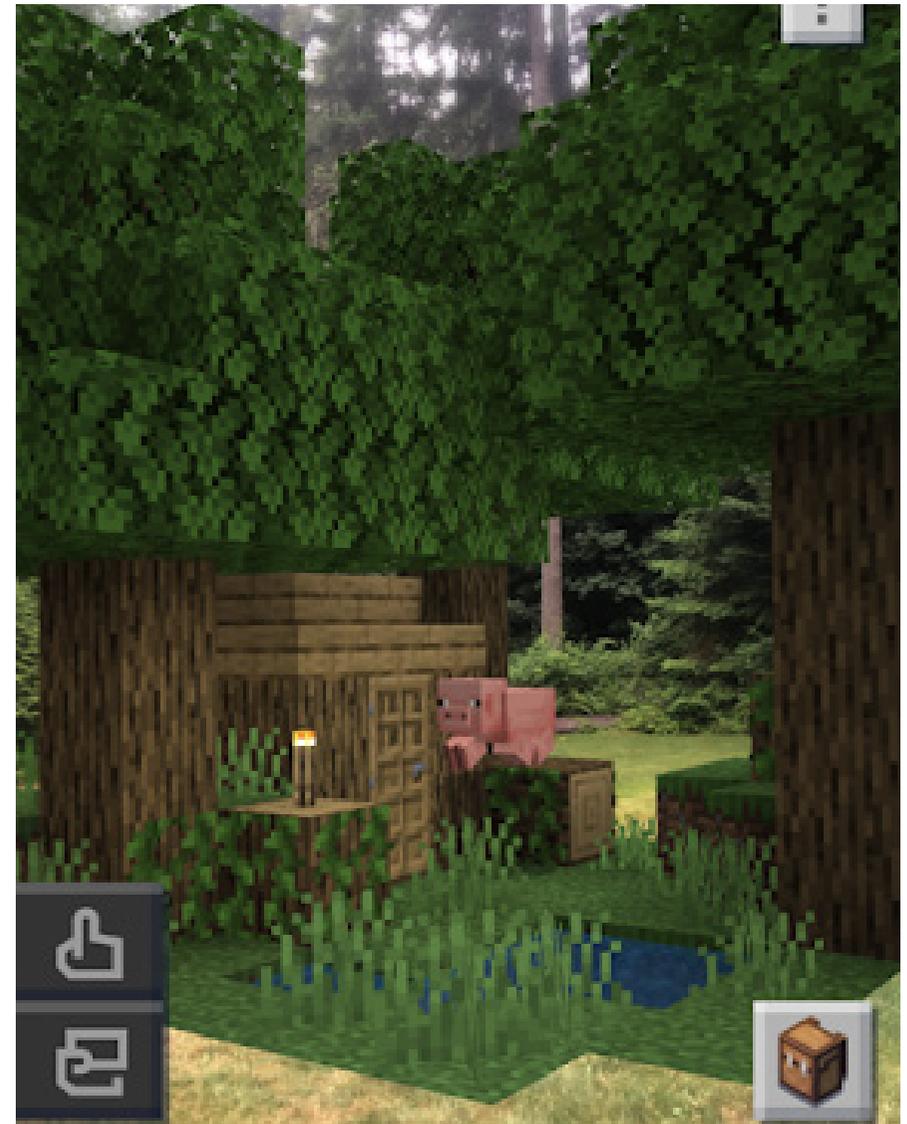


Imagem 5- Capturas de tela do jogo Minecraft Earth

Fonte: Itunes Store

Notando as variações de Realidade Aumentada, *Tori et al.* (2020) as dividem em três diferentes classificações baseadas no número de dimensões espaciais com as quais interagem: unidimensionais, bidimensionais e tridimensionais.

## 2.2 Um breve histórico da Realidade Aumentada

À criação e utilização da tecnologia de Realidade Aumentada, pode-se atribuir dois marcos importantes. O primeiro refere-se à criação do primeiro protótipo de RA, idealizado por Ivan Sutherland e Bob Sproull em 1968 (BILLINGHURST *et al.*, 2015), que consistia na conexão entre um visor acoplado à cabeça do usuário e um computador customizado que rastreava mecanicamente o ponto de vista do usuário, gerando imagens digitais tridimensionais sobrepostas ao mundo real que se alteravam de acordo com sua posição (Imagem 6). De acordo com Sutherland:

“Embora primitivo, o sistema era capaz de criar gráficos tridimensionais que pareciam sobrepostos ao mundo real. Num artigo publicado, Sutherland diz: “O usuário tem um campo de visão de 40 graus das informações sintéticas exibidas nos tubos de raios catódicos em miniatura. Espelhos semiprateados nos prismas através dos quais o usuário olha permitem que ele veja simultaneamente as imagens dos tubos de raios catódicos e os objetos na sala. Assim, o material exibido pode tanto flutuar solto no espaço ou coincidir com mapas, mesas, paredes ou as teclas de uma máquina de escrever.” (SUTHERLAND apud BILLINGHURST *et al.*, 2015, p.86).”



Imagem 6- Primeiro protótipo de dispositivo de Realidade Aumentada  
Fonte: Adaptado de Sutherland (1968)

Apesar do trabalho de Sutherland ter desempenhado um papel significativo na área de pesquisas relacionadas à Realidade Virtual, influenciando estudiosos, Billingham *et al.* (2015 p.86) aponta que, durante as décadas seguintes, a maioria das pesquisas voltadas à Realidade Aumentada se desenvolveu em laboratórios de pesquisa militares e governamentais (Imagem 7), ao invés de ambientes acadêmicos ou industriais.

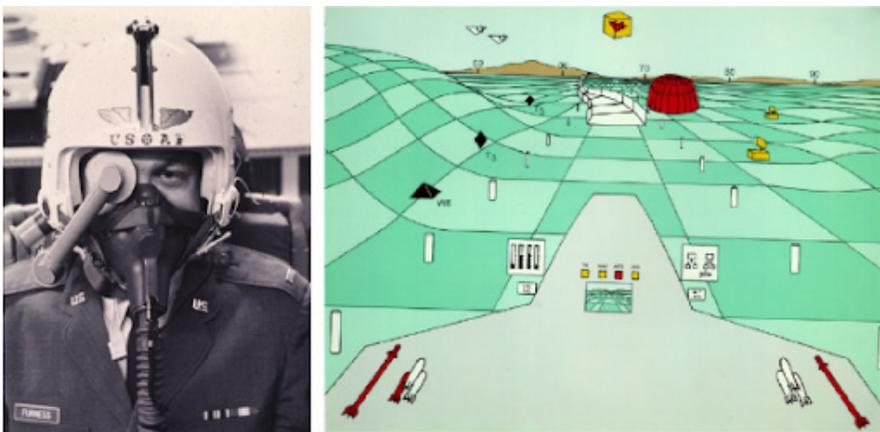


Imagem 7- RA no experimento *Super Cockpit*, da Força Aérea dos EUA  
Fonte: Adaptada de Furness III (1986)

Foi só em 1989, após a mudança de Tom Furness – pesquisador que investigava na Força Aérea dos EUA novas formas de apresentar, com o auxílio da RA, detalhadas informações de voo ao piloto sem sobrecarregá-lo – para a Universidade de Washington, transferindo para a academia parte de seus estudos realizados na Força Aérea, que diversas outras

pesquisas envolvendo o conceito de Realidade Aumentada foram iniciadas nas universidades do país (TORI *et al.*, 2020, p.38).

Até então, esta tecnologia não era conhecida como Realidade Aumentada, pois ainda era bastante associada à Realidade Virtual. A dissociação entre a RA e a RV é o segundo marco importante relacionado a esta área, e ocorreu, de acordo com Ling (2017), em 1992, com o primeiro artigo científico publicado a utilizar este termo para se referir a esta instância. Deste momento em diante, de acordo com Tori *et al.* (2020), tanto pesquisas voltadas para seus avanços tecnológicos (visualização, monitoramento, interação) quanto focadas em desenvolvimento de aplicações começaram a aparecer e se consolidar.

No ano de 2002, o ISMAR – International Symposium on Mixed and Augmented Reality – foi criado como resultado do amadurecimento de simpósios anteriores, ocorridos nos anos de 1998, 1999 e 2000. Até os dias de hoje, o ISMAR se mantém como o principal fórum de discussão de tecnologias associadas à RA (TORI *et al.*, 2020, p.39).

O avanço resultante do desenvolvimento das discussões e aplicações relacionadas à tecnologia de Realidade Aumentada levou à criação das primeiras empresas dedicadas

ao ramo, sendo Total Immersion a primeira, fundada em 1998 na França, inicialmente focada na utilização de RA em eventos e em campanhas de marketing (BILLINGHURST *et al.*, 2015, p.95).

À medida em que foram ganhando mais popularidade, produtos comerciais que utilizavam desta tecnologia passaram a ser mais difundidos. Dentre eles, pode-se citar o videogame de cartas *The Eye of Judgement* (Imagem 8), lançado em 2007 pela Sony para o Playstation 3, que se aproveitava da câmera do console para mostrar personagens digitais sobre cartas físicas. O jogo teve, na época, um total de trezentas mil cópias vendidas, fazendo dele a experiência de AR mais utilizada de seu tempo (BILLINGHURST *et al.*, 2015, p.96).



Imagem 8- Captura de tela do jogo *The Eye of Judgement*  
Fonte: <https://www.playstation.com>, Acesso em 03/11/2022

A partir de 2009, passa-se a notar um aumento no interesse e utilização da tecnologia de Realidade Aumentada, impulsionado por uma série de três fatores apontados por Tori *et al.* (2015):

1. O surgimento da possibilidade de se realizar produtos de Realidade Aumentada baseada na popular tecnologia de Flash, que fornecia suporte a diversas câmeras de aparelhos disponíveis no mercado.
2. A crescente popularização dos smartphones, dotados de processadores e componentes que suportavam algoritmos de base da RA.
3. O uso da Realidade Aumentada em campanhas publicitárias, com o uso de marcadores de RA em materiais de marketing popularizando a tecnologia.

A popularização da tecnologia de Realidade Aumentada chega em seu ápice com o lançamento, em 2016, do aplicativo de RA que mais gerou receita até então: o jogo *Pokemon Go*, da Niantic Games, com um lucro total de, até 2021, setecentos e cinquenta e sete milhões de dólares globalmente (BLACKER, 2021). O jogo também é a aplicação de Realidade Aumentada mais baixada por usuários de smartphone, contando com mais de um bilhão de downloads (MCALOON, 2019).

No Pokemon GO (Imagem 9), que se baseia no Aumento Digital Não-Específico, o usuário deve colecionar seres digitais existentes num mundo virtual que é percorrido de acordo com o rastreamento de movimentos do jogador e sua localização de acordo com o GPS de seu smartphone. Ao se encontrar com uma dessas criaturas virtuais, o jogador utiliza a câmera de seu smartphone para interagir com ela, podendo alimentá-la, afugentá-la e/ou capturá-la arrastando itens – que são apresentados em menus laterais – em direção ao pokémon.

Billinghurst *et al.* (2015) sintetizam esta gradual popularização da realidade em quatro momentos distintos:

1. **Anterior à década de 80: Fase de Experimentação:** Experimentação inicial que ajuda a definir o conceito de Realidade Aumentada e diferencia seus tipos;
2. **Entre a década de 80 e meados da década de 90: Pesquisa Básica:** pesquisa sobre tecnologias capacitadoras, como rastreamento, telas e dispositivos de entrada;
3. **Entre meados da década de 90 e 2007: Ferramentas/Aplicações:** Uso de tecnologias de RA para desenvolver as primeiras aplicações e explorar técnicas de interação e usabilidade;
4. **De 2007 aos dias atuais: Aplicações Comerciais:** RA generalizada disponível em várias áreas de aplicação, como jogos, medicina, celular e marketing” (BILLINGHURST *et al.*, 2015, p.102)

É justamente a partir de 2007, na última fase apontada pelo autor, que surgem aplicações de Realidade Aumentada relacionadas à Visualização Arquitetônica, através de pesquisas realizadas por autores especialistas na área.



Imagem 9- Capturas de tela do jogo Pokemon Go  
Fonte: <https://www.gameinformer.com/>, Acesso em 03/11/2022



Imagem 10- Angry Birds AR, jogo em Realidade Aumentada  
Fonte: <https://9to5mac.com/>, Acesso em 03/11/2022

### 2.3 Visualização Arquitetônica e Realidade Aumentada

O ato de experienciar Arquitetura através da Visualização Arquitetônica pode ser complementado por diversos artifícios que fazem uso da tecnologia de Realidade Aumentada, advindos de contribuições originárias tanto de dentro quanto de fora do ambiente acadêmico.

Os estudos de Tonn *et al.* (2007; 2008; 2009), por exemplo, resultaram na criação de espaços de experimentação complementados – através de Aumento Digital Indireto – por elementos digitais interativos projetados em suas paredes, gerados a partir de um software criado especialmente para esta pesquisa, que monitorava os movimentos e interações do usuário através de um aparelho customizado, que aponta um feixe de laser para a localização desejada (Imagem 11).

O software permitia que – com o auxílio do aparelho de laser – o usuário pudesse dispor nas superfícies em que ele era projetado uma série de elementos bidimensionais a ele dispostos: imagens de portas, janelas, mobílias e afins que se organizavam de acordo com seu posicionamento, e que podiam ter suas propriedades alteradas de acordo com parâmetros definidos pelo indivíduo.

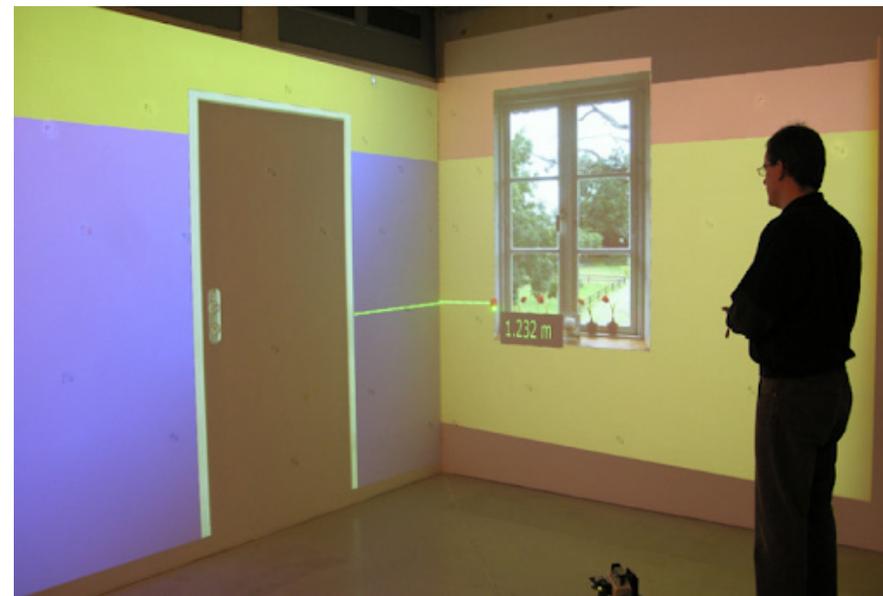


Imagem 11- Espaço complementado por Realidade Aumentada

Fonte: Tonn (2008)

Assim como Tonn *et al.*, Chung *et al.* (2009) também vêm a estudar formas de aplicar a Realidade Aumentada no processo de Visualização Arquitetônica e experimentação de espaços. Em sua pesquisa, é desenvolvido um sistema interativo que:

“permite ao usuário visualizar construções, ruas, sítios históricos, paisagens e malhas urbanas virtuais (do passado ou do futuro) que são apresentadas perfeitamente interligadas à cena que atualmente é mostrada pela câmera” (CHUNG *et al.*, 2009, p. 557)

Com o auxílio de dois aparelhos: um de câmera fotográfica e outro de geolocalização, o sistema criado nesta pesquisa rastreia uma série de fatores essenciais para a disposição do elemento virtual desejado na paisagem real, dentre eles: a posição geográfica exata em que ele será inserido, as silhuetas que compõem o espaço e a relação entre as alturas do terreno e dos elementos físicos que o circundam.

Baseando-se, então, nos dados coletados a partir do processo de rastreamento, o elemento digital, visualizado através do *display* da câmera, sobrepõe-se ao real, permitindo, a quem esteja utilizando o sistema, observar o artefato sobreposto na distância e ângulo que desejar (Imagem 12). No exemplo dado pelo autor, o usuário pode experienciar um campus universitário em suas condições atuais ou visualizá-lo como era num tempo passado, antes de sofrer intervenções arquitetônicas. Segundo Chung:

“Nosso sistema permite a visualização em tempo real tanto de uma cena física atual quanto desta mesma cena no passado de modo virtual. Se a cena virtual for exibida exatamente no mesmo local que a cena atual, o usuário é até mesmo capaz de alternar entre as duas visualizações.” (CHUNG et al., 2009, p. 558)

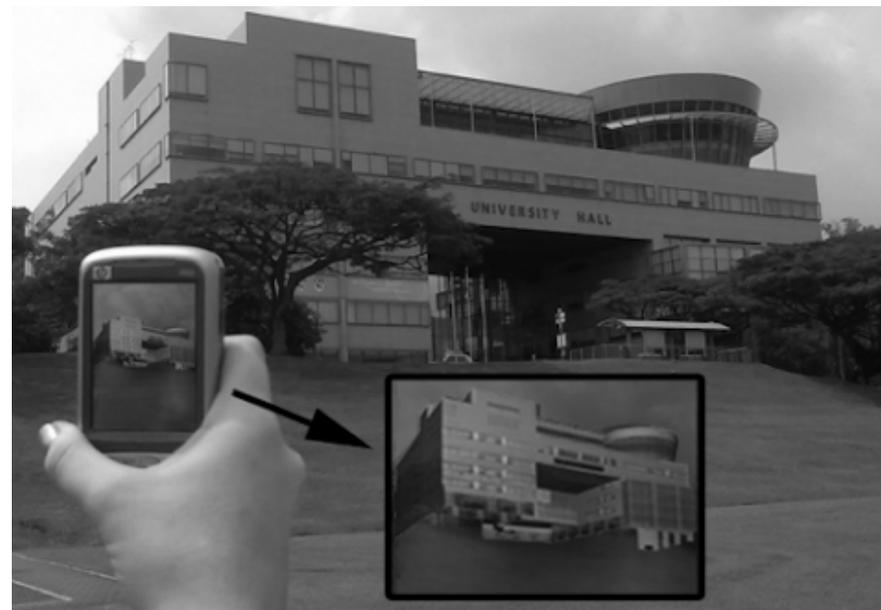


Imagem 12- Campus real sobreposto por campus virtual através de RA  
Fonte: Chung *et al.* (2009)

Em 2009, Wang, além de minuciar características inerentes a equipamentos de Realidade Aumentada, também exemplifica algumas aplicações desta tecnologia na área da Arquitetura ocorridas até então. Dentre as utilizações por ele listadas, destaca-se o projeto ARTHUR (Imagem 13), criado no ano de 2004 por Broll *et al.*, que empregou a Realidade Aumentada como ferramenta de visualização de projetos tanto urbanísticos quanto arquitetônicos.

O projeto, além de dispor numa superfície real projeções digi-

tais de edificações e planos urbanísticos, também era capaz de simular o movimento de pedestres no espaço virtual exibido, de modo que os usuários pudessem reconhecer mais facilmente a escala do que viam.



Imagem 13- Utilização do projeto ARTHUR  
Fonte: Broll *et al.* (2004)

Ainda em 2010, uma contribuição brasileira na área de Realidade Aumentada e Visualização Arquitetônica acaba entrando para o Guinness Book como a maior Realidade Aumentada do mundo. Uma construtora e incorporadora fez o uso desta tecnologia para mostrar a seus clientes, num voo de heli-

cóptero, como um de seus projetos arquitetônicos se situaria e se relacionaria com o entorno quando sua obra fosse finalizada (Imagem 14). Para situar a edificação no terreno em que ela seria construída, utilizou-se uma lona de vinil de novecentos metros quadrados como marcador, e os clientes observavam as imagens captadas do edifício através da tela de um notebook. (YANO, 2010, apud FREITAS, 2010, p. 09).



Imagem 14- Visualização do edifício em vista aérea  
Fonte: <https://revistagalileu.globo.com/>, Acesso em 03/11/2022

Nesse mesmo ano, Phan e Choo (2010) publicam um estudo a respeito da utilização dessa tecnologia na área de visualização de interiores arquitetônicos (Imagem 15). Para esta pesquisa, foi desenvolvido um sistema prototipal que também fazia uso da Realidade Aumentada Baseada em Marcadores, os quais, quando dispostos pelo usuário no chão de um espaço livre de algum cômodo, exibiam mobílias que poderiam ser editadas conforme suas preferências.

Como exemplo, os autores dispõem uma representação esquemática de duas mobílias dentro de um espaço: uma cadeira e uma mesa de reuniões. Uma vez dispostas, passam a ajustar suas escalas no espaço e até inserem outros elementos digitais que, por sua vez, interagem com o mobiliário virtual exibido no espaço.

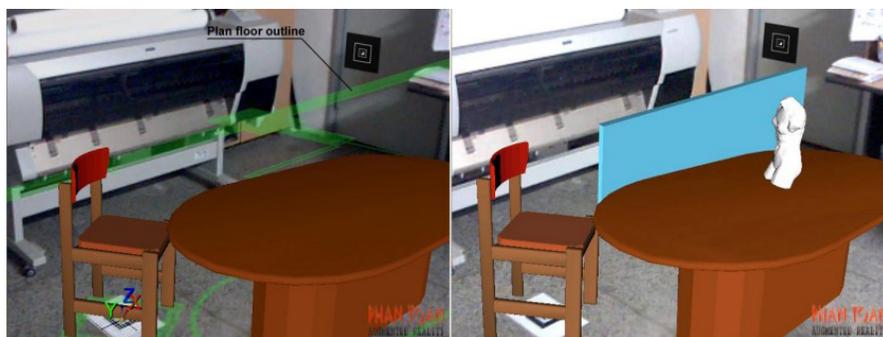


Imagem 15- Visualização de mobília em Realidade Aumentada  
Fonte: Phan e Choo (2010)

Na sua dissertação de mestrado, Lopes (2014), além de prototipar uma aplicação em Realidade Aumentada voltada para a área de Visualização Arquitetônica, também pontua contribuições importantes ocorridas na área até então. Além do supracitado sistema ARTHUR, a autora também cita o Augmented Reality-based Urban Design System (ARUDesigner), desenvolvido por Wang *et al.* em 2007 e o ARchitectureView, apresentado por Belcher e Johnson em 2008.

De acordo com Lopes (2014), o ARUDesigner foi um sistema criado objetivando a mitigação de mal-interpretações entre membros de uma equipe de projeto arquitetônico-urbânico, incentivando uma maior colaboração e comunicação entre seus usuários por meio da exibição de informações visuais detalhadas a respeito do objeto de estudo, que seriam exibidas tanto por meio de visores especiais de Realidade Aumentada quanto por projeções em telas.

Um exemplo da utilização desse sistema apontado pela autora foi durante o planejamento de uma área residencial (Imagem 16). Fazendo o uso dos marcadores, seus usuários podiam trocar as posições das edificações no espaço do projeto, analisando a harmonia entre os edifícios projetados e os já existentes.



Imagem 16- Utilização do ARUDesigner  
Fonte: Wang *et al.* (2007) apud. Lopes (2014 p. 16)

O ARchitectureView (BELCHER e JOHNSON, 2008), por sua vez, foi um sistema de Realidade Aumentada Baseada em Marcadores mais focado na visualização tridimensional de modelos arquitetônicos BIM (Imagem 17), que armazenam uma série de propriedades geradas e guardadas desde a concepção de um projeto até ao seu fim (LOPES, 2014). Utilizando um visor acoplado a um equipamento móvel montado em sua cabeça, o usuário visualizava o modelo digital da edificação, que era projetado sobre um marcador especial.

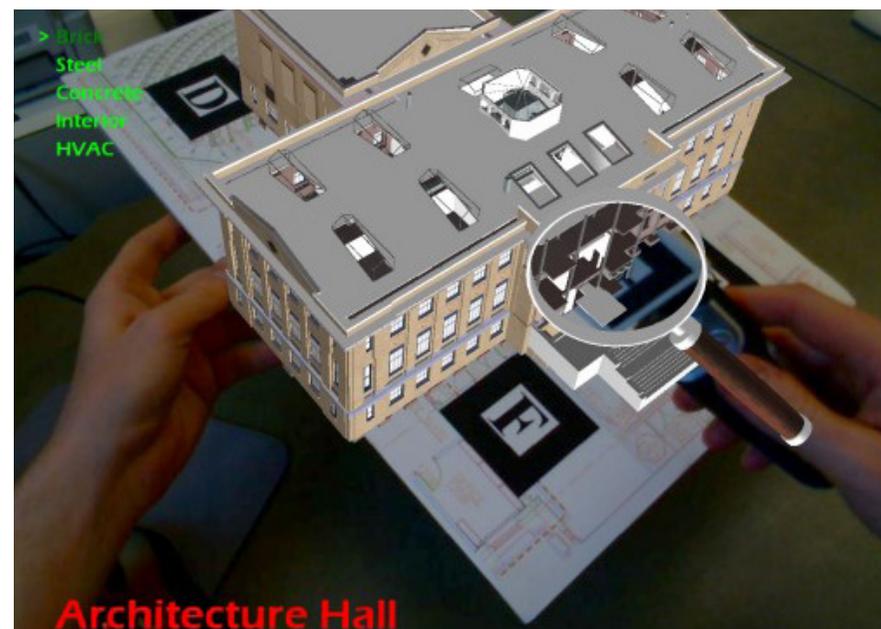


Imagem 17- Utilização do ARchitectureView  
Fonte: Belcher e Johnson (2008) apud. Lopes (2014 p. 17)

O protótipo de sistema apresentado por Lopes em 2014 (Imagem 18), além de exibir edificações digitais sobre marcadores, também contava com outras duas importantes funcionalidades: seccionamento de planos e seleção de elementos.

Na primeira função, através do posicionamento de um plano de referência, o usuário era capaz de realizar cortes verticais na edificação, podendo, desta forma, visualizar como se organiza a estrutura interna das diferentes áreas que a compõem. Com a ferramenta de seleção de elementos, o utilizador do sistema era capaz de tanto selecionar quanto alterar objetos individuais ou agrupados, podendo pintá-los, ocultá-los ou até mesmo aplicar texturas em cada um, individualmente. Desta forma, componentes como entorno, elementos estruturais, pisos, paredes, esquadrias e mobílias podiam ser destacados ou removidos, de acordo com as intenções de quem os manipulava.



Imagem 18- Protótipo de sistema de Realidade Aumentada  
Fonte: Lopes (2014)

Assim como Lopes (2014), Broschart e Zeile (2015) também apontam casos de utilização da Realidade Aumentada na área de Visualização Arquitetônica. Nos seus exemplos citados, sistemas e aplicativos especializados foram utilizados para gerar informações visuais sobrepostas no ambiente real.

O primeiro exemplo listado pelos autores foi a apresentação das construções que estariam presentes no IGA 2017 (Imagem 19), festival de jardinagem que ocorreria na cidade de Berlim. Neste caso, com o auxílio de um sistema denominado de RADAR, criado pelo Centro de Pesquisa de Inteligência Artificial da Universidade de Kaiserslautern, na Alemanha, edificações digitais georreferenciadas eram sobrepostas à câmera do dispositivo móvel do usuário, inserindo-se com relativa precisão nos locais exatos onde seriam construídas.



Imagem 19- Construções do IGA 2017 em Realidade Aumentada  
Fonte: Broschart e Zeile (2015)

O outro exemplo, fazendo o uso de aplicações especializadas em Realidade Aumentada como Layar Vision e AR Media, como consistia no emprego da tecnologia de reconhecimento de imagem para sobrepor nas edificações históricas informações visuais que retratam características originais perdidas ao longo do tempo, exibindo na tela dos dispositivos fotográficos imagens passadas de suas fachadas e destacando elementos arquitetônicos específicos de sua época que se perderam ou que ainda foram mantidos (Imagem 20).



Imagem 20- Visualização de elementos arquitetônicos específicos  
Fonte: Broschart e Zeile (2015)

Sánchez Riera *et al.* (2015), por sua parte, estudam e avaliam a implementação de uma ferramenta de Realidade Aumentada na área de ensino de Arquitetura e Construção Civil (Imagem 21). Seguindo a metodologia proposta pelos autores, os alunos dos cursos realizavam a modelagem tridimensional de projetos arquitetônicos para o Barcelona Knowledge Campus, na Espanha, e apresentavam suas proposições por meio da plataforma Layar, especializada na utilização da tecnologia de Realidade Aumentada para dispositivos móveis. Fazendo o uso da Layar, outros alunos e avaliadores conseguiram utilizar seus smartphones para visualizar em tempo real as edificações propostas pelos seus projetistas e avaliá-las.



Imagem 21- Visualização das edificações propostas por alunos  
Fonte: Sánchez Riera *et al.* (2015)

Seidametova *et al.* também vêm a desenvolver uma aplicação de Realidade Aumentada voltada para o ensino de Arquitetura. Em estudo publicado no ano de 2021, os autores apresentam o conceito, design e criação de uma plataforma virtual denominada “Art-Heritage”, que apresentava a seus usuários, por meio de Realidade Aumentada Baseada em Marcadores, monumentos e edificações históricas não mais existentes dos tártaros da Criméia, datadas do século XIII ao XX.

De acordo com os autores, ao utilizar o Art-Heritage, os usuários, estando em frente à área onde o monumento ou edificação existiam, podiam visualizá-las numa versão alterada da realidade, exibida através das telas de seus dispositivos celulares ou tablets (Imagem 22).



Imagem 22- Demonstração do funcionamento do Art-Heritage  
Fonte: Seidametova *et al.* (2021)

Fora do âmbito acadêmico, algumas iniciativas, por meio de aplicativos e serviços, também experimentaram o uso da Realidade Aumentada na área de Visualização Arquitetônica. Dentre elas, duas aplicações criadas especificamente para a exibição de projetos de arquitetura podem ser listadas: SmartReality e ARki

SmartReality (Imagem 23) é um aplicativo integrado a softwares de modelagem 3D, como, por exemplo, o Revit. Por meio deste programa, os arquitetos podem transformar plantas bidimensionais de projetos arquitetônicos em modelos 3D interativos, que podem ser exibidos tanto em tablets como em visores de Realidade Estendida.

O usuário tem que salvar seus arquivos em um formato denominado JBKnowledge, responsável por compatibilizá-los com o aplicativo. Depois, por meio do SmartReality, realiza-se o escaneamento das plantas bidimensionais, que são sincronizadas com o arquivo JBKnowledge tridimensional salvo anteriormente pelo usuário.

Como resultado da sincronização, visualiza-se o modelo tridimensional sobreposto à planta do projeto arquitetônico, contendo as relações de materialidade e proporcionalidade intencionadas pelo arquiteto.

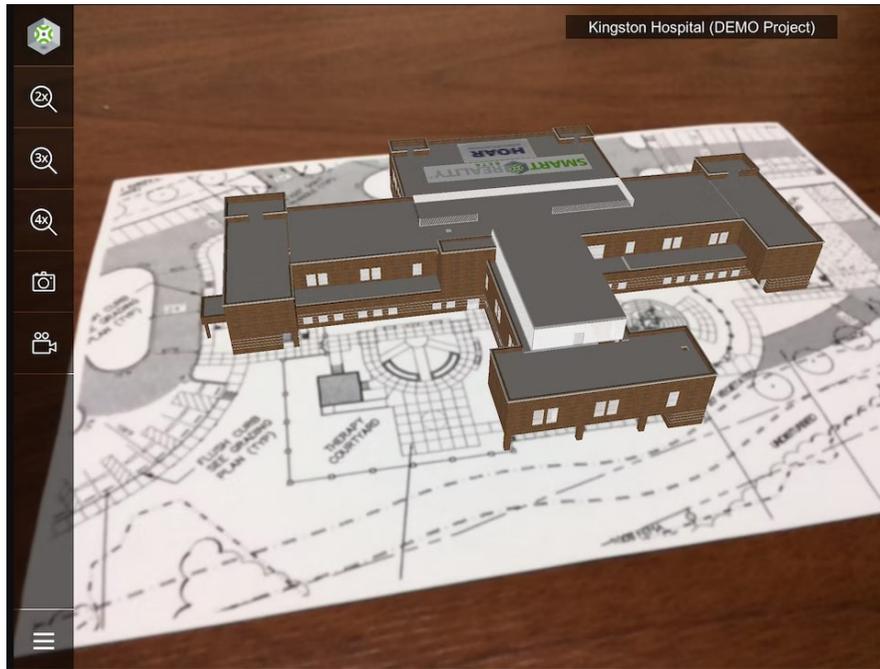


Imagem 23- Utilização do SmartReality em projeto arquitetônico  
Fonte: <https://www.forconstructionpros.com/>, Acesso em 03/11/2022

Criado pela arquiteta Sahar Fikouhi, o ARki (Imagem 24) é um aplicativo que integra modelos tridimensionais em escala real nos ambientes reais, através do uso de Realidade Aumentada. Além de ser compatível com softwares de modelagem 3D, a aplicação conta com uma série de funcionalidades únicas, como: animações dinâmicas do modelo tridimensional, livre ajuste de escala, formação de vistas axonométricas e análise de iluminação.



Imagem 24- Visualização de modelo 3D no ARki 2.0  
Fonte: <https://www.youtube.com/>, Acesso em 03/11/2022

O Ikea Place (Imagem 25), por exemplo, permite que o usuário insira no interior de uma edificação qualquer móvel listado em seu catálogo, que inclui uma variedade de móveis, eletrodomésticos, decoração e artefatos de iluminação.

Desta forma, o aplicativo possibilita ao indivíduo montar e visualizar a combinação de mobiliário que deseja, projetando

na Realidade Aumentada a emoção e objetivo almejado para o espaço, como conforto, lazer, trabalho, etc.

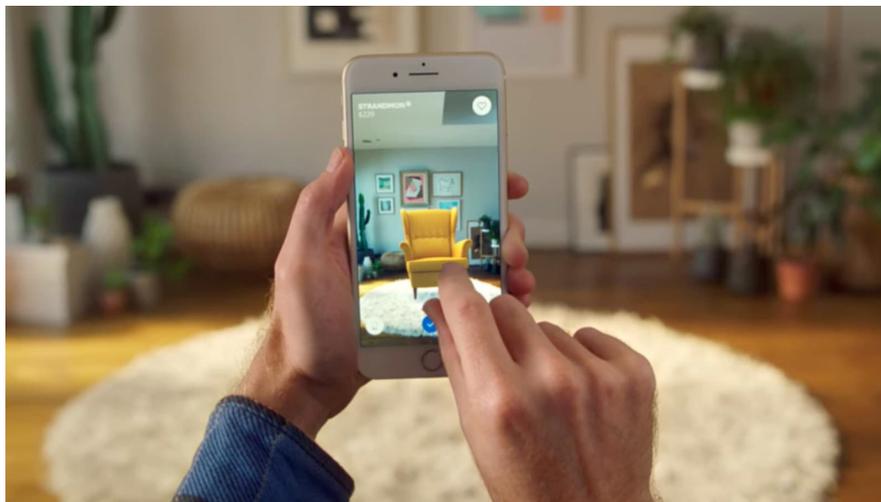


Imagem 25- Mobiliário visto pelo Ikea Place  
Fonte: <https://www.cnn.com/>, Acesso em 03/11/2022

Combinando Realidade Aumentada, Visualização Arquitetônica e aplicando-as na área do Turismo, a empresa Archão-now, situada na Áustria, oferece, num de seus pacotes de serviços, um passeio turístico interativo complementado pela Realidade Estendida, onde, por meio de charadas dispostas na tela do celular, o turista realiza uma caça ao tesouro pela cidade de Viena, aprendendo mais sobre sua história através de informações visuais que são exibidas à medida em se que encontra premiações escondidas (Imagem 26).

Durante o passeio, além de visualizar artefatos digitais como objetos, mobiliários e componentes que fazem parte da narrativa da dinâmica, os usuários também conseguem observar, em escala real, recriações virtuais de edificações históricas que existiam ao longo do caminho.

De acordo com Miriam Weberstorfer, a fundadora deste projeto, a Archão-now oferece uma nova maneira de aprender sobre a cidade histórica de Viena, proporcionando aos seus clientes experiências de aprendizado lúdicas e adequadas a todas as idades e graus de conhecimento.



Imagem 26- Passeio turístico complementado por Realidade Aumentada  
Fonte: <https://www.archaeo-now.com/>, Acesso em 03/11/2022

Além dos aplicativos voltados exclusivamente para a área de visualização de edificações e interiores, outros, mais generalistas, também podem exercer esta função, mesmo que em escala menor. Funcionando através da Realidade Aumentada Dinâmica ou Baseada em Marcadores, aplicações como Apple ARKit, ARCore, Augment, Layar, Fologram, ARjs, etc. operam a partir dum mesmo princípio, sobrepondo objetos digitais no ambiente real, por meio do escaneamento do ambiente construído ou de marcações especiais pré-determinadas pelo usuário. Através desses aplicativos, pode-se inserir, de acordo com os requisitos de funcionamento de cada um, qualquer modelo digital almejado por seu utilizador, limitando-se apenas à formatação de arquivo compatível com cada um dos programas. Desta forma, o uso de tais aplicações acaba não se restringindo apenas à Visualização Arquitetônica, relacionando-se com campos disciplinares, como Arqueologia, Design, Medicina, Engenharia etc.

Apesar de ser aplicável em diferentes áreas de atuação, a Realidade Aumentada ainda encontra restrições que comprometem a adesão do público geral e a produção de materiais a ela relacionados. Dentro e fora da Visualização Arquitetônica, ainda se nota uma limitação no fotorrealismo dos elementos que se utilizam desta tecnologia, ocasionada pela alta demanda de processamento gráfico em tempo real, somada à



Imagem 27- Fotografia de aplicativo em Realidade Aumentada  
Fonte: <https://vivivity.com/>, Acesso em 03/11/2022

dificuldade que muitos dispositivos móveis contemporâneos ainda têm de supri-la. Ademais, também é notória a dificuldade em se criar novas plataformas independentes de Realidade Aumentada, sobretudo pela criação de uma interface gráfica tridimensional que se relacione em tempo real com elementos virtuais e físicos simultaneamente exigir um extenso conhecimento técnico relacionado à área de Tecnologia da Informação, limitando o desenvolvedor não-especializado a trabalhar apenas com as aplicações já existentes, lidando com seus pré-requisitos, especificidades e funcionalidades definidas.

No entanto, embora ainda se deparem com uma série de limitações nos dias atuais, as aplicações de Realidade Aumentada, com o passar do tempo, tornam-se cada vez mais capazes de exibir objetos virtuais mais complexos e realistas, evoluindo seu potencial à medida em que plataformas de desenvolvimento mais acessíveis ao público geral são lançadas e os dispositivos tecnológicos móveis aprimoram suas capacidades técnicas de processamento e exibição de gráficos.

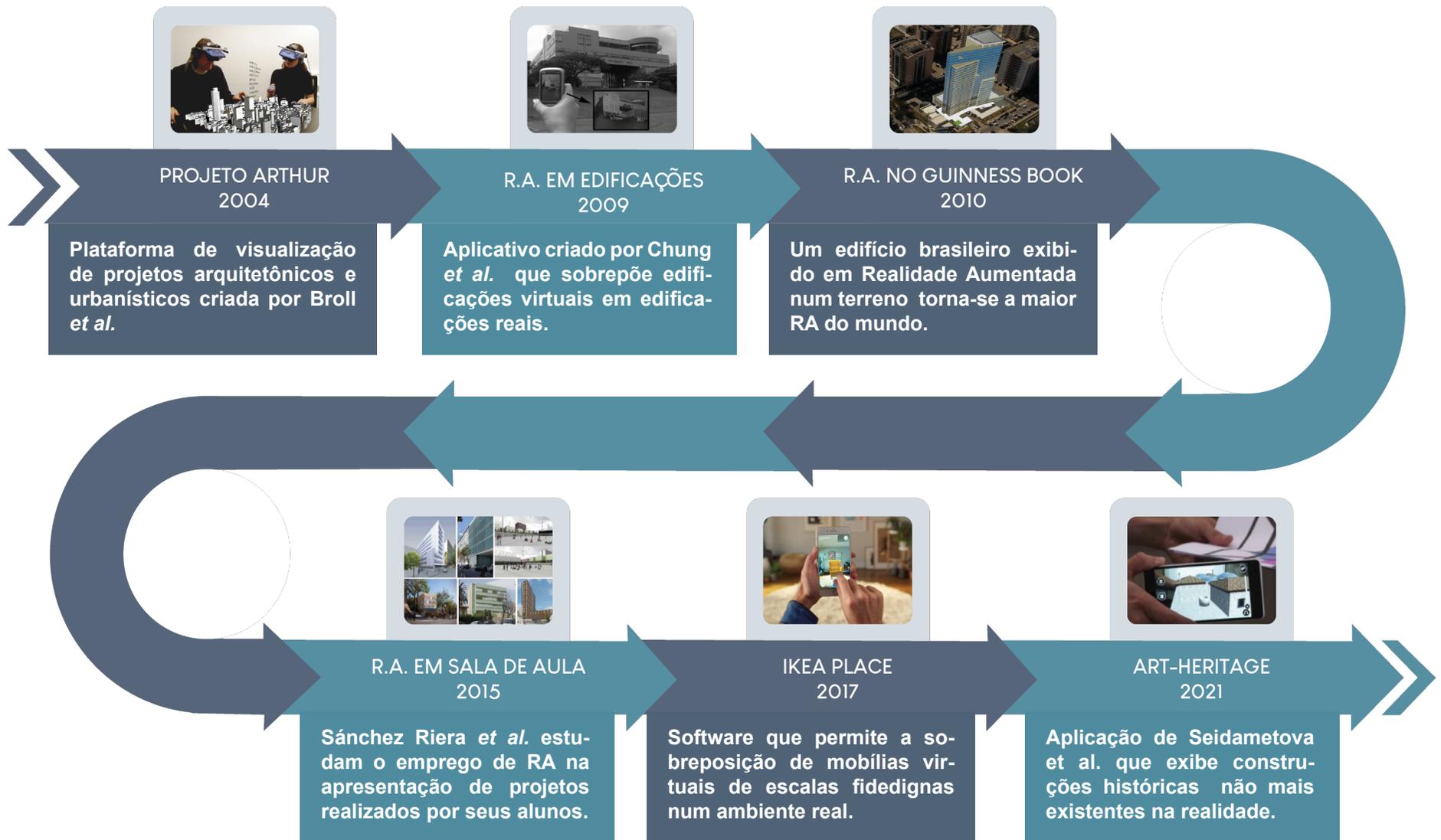


Imagem 28- Aplicações de Realidade Aumentada na Visualização Arquitetônica

Fonte:Autoral

CAPÍTULO 03

# VIRTUALIDADE AUMENTADA

### 3. O que é Virtualidade Aumentada?

A Virtualidade Aumentada (VA), também conhecida como Realidade Mista, é uma instância da Realidade Estendida que, de acordo com a definição de Brigham (2017), possibilita que o indivíduo veja, com o auxílio de aparelhos complementares (óculos, visores, capacetes, etc.), objetos virtuais críveis e interativos dispostos no mundo real, que coexistem com seus arredores como se lá estivessem fisicamente presentes.

Diferente da Realidade Aumentada, a tecnologia de Virtualidade Aumentada permite que o usuário interaja com as noções de profundidade e perspectiva do ambiente em que se encontra. Por exemplo:

“Se um usuário se afastar de um objeto virtual em uma experiência de Virtualidade Aumentada, o objeto parecerá menor. Isso geralmente não é o caso em uma experiência de Realidade Aumentada; a distância de um objeto virtual não mudaria.” (BRIGHAM, 2017, p.174)

Segundo Rokhsaritalemi *et al.* (2020), a clara separação entre o mundo real e virtual via sobreposição diminui o nível de imersão dos usuários de sistemas de Realidade Aumentada. Quanto menos evidente for a distinção entre os dois mundos, mais imersivo o sistema se torna.

Rokhsaritalemi *et al.* (2020), define três características essenciais que se fazem presentes em qualquer sistema de Virtualidade Aumentada:

1. O sistema combina objetos virtuais com os objetos físicos do mundo real;
2. Ocorre um mapeamento entre os objetos reais e os virtuais, de modo a se criar interações entre eles;
3. As interações ocorrem em tempo-real.

No entanto, embora seja um sistema que integre de forma mais fidedigna o mundo real com o virtual e apresente um grande potencial de imersividade, a Virtualidade Aumentada é o conceito menos explorado dentre os três domínios da Realidade Estendida, pelo fato de ser o mais recente, e muitos de seus dispositivos e tecnologias ainda não estarem disponíveis ao grande público (BRIGHAM, 2017).

#### 3.1 Um breve histórico da Virtualidade Aumentada

Conforme pontuado por Brigham (2017), devido à sua relativa recenticidade e difícil acessibilidade, a Virtualidade Aumentada é a instância da Realidade Estendida cujos detalhes referentes às suas origens e desenvolvimento ainda são

bastante nebulosos. No entanto, sabe-se que ela compartilha as mesmas origens históricas e conceituais com a Realidade Aumentada e Realidade Virtual, que, conforme citado anteriormente, tiveram suas origens na década de 1960 (CONSTANZA *et al.*, 2009).

Ainda de forma bastante experimental, o primeiro contato entre o público e a Virtualidade Aumentada ocorreu na área do lazer e entretenimento. No ano de 2003, o programa FightBox, da corporação pública de rádio e televisão britânica BBC, televisionava lutas entre personagens virtuais criados por seus participantes. Tais personagens, controlados via computador, eram exibidos à plateia nas telas presentes no auditório, e interagiam com espaço como se estivessem fisicamente lá.

Nesse mesmo ano, a Playstation, estúdio audiovisual criado pela multinacional japonesa Sony Interactive Entertainment, lançou o EyeToy (Imagem 29), um aparelho de câmera anexado ao dispositivo de videogames Playstation 2 que possuía jogos interativos que se relacionavam diretamente com o entorno e movimentos do jogador, como se este fosse uma parte integrante do cenário do jogo. Até o ano de 2008, o aparelho já registrava mais de dez milhões e meio de unidades vendidas no mundo, sendo um considerável sucesso para sua época (KIM, 2008).



Imagem 29- Jogador interagindo com EyeToy  
Fonte: <https://i0.wp.com/>, Acesso em 03/11/2022

Em 2004, a BBC televisiona outro programa que empregava a Virtualidade Aumentada: Bamzooki. Nele, participantes criavam robôs virtuais denominados de “Zooks”, e os assistiam competindo contra outros Zooks em variados desafios que testavam suas habilidades. Semelhantes aos personagens virtuais do quadro FightBox, os Zooks, embora virtuais, pareciam interagir com elementos do espaço real (plataformas, mesas, etc.) como se lá estivessem presentes.

A Virtualidade Aumentada só reaparece ao público cinco anos depois, no ano de 2009, quando pesquisadores especializados da área apresentam no ISMAR, Simpósio Internacional

de Virtualidade e Realidade Aumentada, o que viriam a chamar de “BlogWall”, uma interface social projetada numa superfície plana onde usuários podiam anexar e interagir com questionários, pequenos textos escritos na hora, imagens e até mesmo jogar alguns jogos simples com outros usuários presentes.

Após o final da década de 2000, marcando o começo da década de 2010, a Magic Leap – *startup* americana que viria a se tornar uma das atuantes mais conhecidas na área de Virtualidade Aumentada– é fundada. Ela, no entanto, operou com discrição nos cinco primeiros anos de funcionamento, sem realizar grandes revelações ao público. Foi apenas em 2015 que a Magic Leap veio a anunciar e exibir uma demonstração do conceito de seu produto: lentes tecnológicas que permitiriam ao seu usuário dispor elementos virtuais no espaço, que interagiriam com as superfícies e com noções de profundidade (Imagem 30). Nesta demonstração, o usuário aparece utilizando esta interface virtual para realizar atividades sociais e de lazer enquanto se movia pelo ambiente de trabalho.

Esse dispositivo, que veio a ser denominado de Magic Leap One, teve seu lançamento anunciado em 2017 para o ano seguinte, recebendo investimentos de grandes nomes como Google, AT & T, NTT Docomo e até mesmo o Fundo de Investimento Público da Arábia Saudita. O resultado de seu lançamento, no entanto, constituiu um grande fracasso, mui-

to influenciado pelo seu alto preço de venda (custando mais de dois mil dólares por cada unidade) e sua baixa performance. No total, apenas seis mil unidades foram vendidas, uma quantia muito menor que aquela esperada pelo fundador da empresa, Rony Abovitz, de mais de um milhão de dispositivos vendidos (HOUSER, 2022).



Imagem 30- Magic Leap One

Fonte: <https://tecnoblog.net/>, Acesso em 03/11/2022

Desde então, Magic Leap vem mudando sua área de atuação para o setor empresarial, deixando de lado o enfoque no consumidor médio. Atualmente, conforme apontado por Houser (2022), o foco da empresa está em três diferentes

indústrias: saúde, setor público e militar. De fato, em 2021, o dispositivo Magic Leap 2 é anunciado, contando com planos de negócios voltados para empresas, desenvolvedores da tecnologia de Virtualidade Aumentada, e entusiastas. De acordo com as palavras do diretor executivo da empresa, o produto seria o menor e mais leve dispositivo disponível na área, contando com um maior campo de visão e aprimoramento das suas funcionalidades.

Além da Magic Leap, outra grande empresa conhecida por explorar o campo de Virtualidade Aumentada foi a transnacional norte-americana Microsoft. No mesmo ano em que o conceito do que viria a se tornar o Magic Leap One foi anunciado, 2015, a Microsoft anuncia o desenvolvimento de seu próprio produto, as Microsoft HoloLens: visores de Virtualidade Aumentada que funcionariam de maneira semelhante ao da empresa concorrente, inserindo objetos virtuais tridimensionais no mundo real.

As HoloLens são lançadas no ano de 2016, e, de acordo com o *website* Buildwagon (2022), até a data do encerramento de sua produção, em 2018, os dispositivos já contavam com um número de unidades vendidas consideravelmente maior que o de sua concorrente, a Magic Leap. Foram, no total, cerca de cinquenta mil dispositivos da Microsoft comprados.

Embora, após seu lançamento, as HoloLens tenham contado com estreias de aplicativos e programas produzidos por grandes nomes do ramo da tecnologia e lazer (Autodesk, NASA, Mojang, Trimble) e pela própria Microsoft, os dispositivos de Virtualidade Aumentada vieram a ter um destino semelhante àquele de sua concorrente. O alto preço dos equipamentos (cerca cinco mil dólares cada) e a falta de aplicações voltadas ao público consumidor médio os levou a se tornarem mais populares no setor empresarial, onde são usados como ferramentas ainda experimentais de visualização na área de educação, modelagem tridimensional, artes e saúde.

As HoloLens 2 (Imagem 31), anunciadas e lançadas em 2019, contaram com melhorias técnicas em relação à sua primeira versão e foram inicialmente vendidas com modelos comerciais voltados ao público empresarial. O artigo do Buildwagon (2022) aponta que, de acordo com Alex Kipmann, associado técnico da Microsoft, em seu primeiro ano, as HoloLens 2 tiveram uma demanda sete vezes maior que aquela tida até 2018 com as primeiras HoloLens, estimando-se aproximadamente trezentos e cinquenta mil unidades vendidas. Tal número aumentou consideravelmente desde então, impulsionado sobretudo pelo contrato realizado entre a Microsoft e a Força Militar dos Estados Unidos em 2021, que prevê a produção de mais cento e vinte mil dispositivos de Virtualidade Aumentada.

Ao se comparar o número de vendas de dispositivos da Microsoft e da Magic Leap – os dois maiores exponenciais da área –, pode-se afirmar que a Microsoft, com seus HoloLens, teve grande sucesso no mercado de Virtualidade Aumentada, evidenciado pelo total estimado de quinhentas e vinte mil unidades vendidas até o momento.

Observa-se que a maior adesão desta tecnologia se fez no setor empresarial, e é principalmente para ele que as aplicações em Realidade Mista vêm sendo desenvolvidas e aperfeiçoadas, visto que tanto os dispositivos lançados pela Microsoft quanto pela Magic Leap ainda não têm o impacto desejado no público consumidor médio, dado seu alto preço e suas limitações ainda presentes.



Imagem 31- Microsoft HoloLens 2

Fonte: <https://cdn.hum3d.com/>, Acesso em 03/11/2022

### 3.2 Visualização Arquitetônica e Virtualidade Aumentada

Na área de Visualização Arquitetônica, nota-se uma escassez de produções em Virtualidade Aumentada dentro e fora do ramo acadêmico, ocasionada pelas limitações ainda relacionadas à tecnologia (sobretudo o alto preço dos dispositivos de visualização de Virtualidade Aumentada, a baixa disponibilidade ao público consumidor e a complexidade de se produzir de materiais virtuais exclusivos para esta plataforma).

Neste contexto, as principais aplicações de Virtualidade Aumentada na área são demonstrações e práticas experimentais exibidas em vídeos comerciais de sites especializados ou em plataformas sociais.

A empresa Axiom Holographics demonstra, por exemplo, em seu site comercial, um vídeo-demonstração da aplicação de um de seus produtos – uma sala de hologramas para negócios – na área de Visualização Arquitetônica. O holograma de um ambiente virtual é projetado por meio de uma plataforma de aproximadamente três metros de altura, cinco metros de largura e quatro de profundidade, dando ao cliente a impressão de estar rodeado por um espaço real.

De acordo com a Axiom Holographics, arquivos tridimensionais em escala real podem ser combinados e carregados

dos instantaneamente no ambiente tridimensional, facilitando os processos de revisão e aprovação de um projeto, além do entendimento do ambiente como um todo.

Embora careça de materiais que demonstrem a aplicação prática desta tecnologia de holografia interativa na área de Visualização Arquitetônica, a empresa, em suas plataformas sociais, já divulgou vídeos de exposições reais em que a sala de hologramas para negócios e outros dispositivos da marca foram utilizados, demonstrando seu funcionamento e impacto nas apresentações (Imagem 32).



Imagem 32- Demonstração da Euclidean's Hologram Rooms for Business  
Fonte: <https://axiomholographics.com/>, Acesso em 03/11/2022

Além da Axiom Holographics, a Magic Leap também já divulgou mídias visuais demonstrando a aplicação do seu visor de Virtualidade Aumentada na visualização de ambientes digitais. Em vídeo produzido junto à Geopogo (Imagem 33) – empresa especializada em Realidade Estendida – os profissionais percorrem os interiores de uma edificação em obras, observando, por meio dos visores especiais, como se constituirá o ambiente uma vez que as obras forem finalizadas, sendo capazes de até mesmo alterar a escala de exibição do projeto em tempo real para avaliar a relação entre os interiores e as fachadas da edificação.

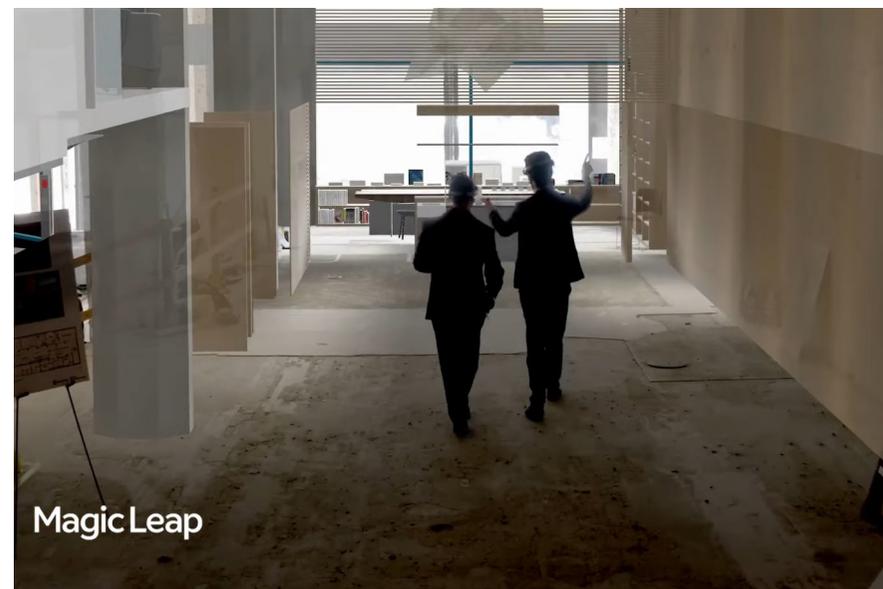


Imagem 33- Demonstração de Virtualidade Aumentada da Magic Leap  
Fonte: <https://www.youtube.com/>, Acesso em 03/11/2022

No entanto, vale pontuar que não se encontram mídias ou documentações que retratam a aplicação prática do uso deste serviço ofertado pela Magic Leap, limitando-se apenas ao vídeo-demonstração divulgado pela empresa.

Diferente da supracitada Magic Leap, pode-se contar com registros de algumas demonstrações práticas que fizeram uso das Microsoft HoloLens, divulgadas em redes sociais e websites por perfis relacionados à área de Virtualidade Aumentada. A exemplo, usuários entusiastas como Rotab (2016) apresentam em suas plataformas sociais breves vídeos de projetos em pequena-escala, que possibilitam a visualização de edificações virtuais interativas inseridas num contexto real como se estas fossem maquetes físicas (Imagem 34).

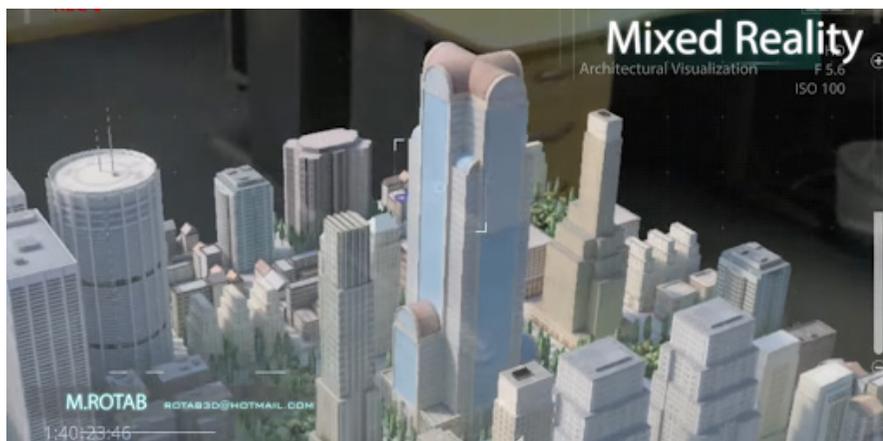


Imagem 34- Projeto de Virtualidade Aumentada criado por Rotab (2016)  
Fonte: <https://www.youtube.com/>, Acesso em 03/11/2022

Finalmente, para além de demonstrações realizadas por usuários entusiastas, faz-se válido apontar a apresentação realizada pela empresa Trimble do aplicativo SketchUp Viewer (Imagem 35), visando compatibilizar as criações do programa Sketchup (utilizado principalmente na área de Arquitetura e Urbanismo) com as HoloLens, permitindo que o usuário visualize suas criações através dos visores de Virtualidade Aumentada, e interaja com elas em tempo real, rotacionando-as, mudando sua escala e até mensurando suas distâncias.



Imagem 35- Demonstração prática do Sketchup Viewer  
Fonte: <https://www.youtube.com/>, Acesso em 03/11/2022

Dentre as três instâncias de Realidade Estendida, a Virtualidade Aumentada é a menos utilizada na área de Visualização Arquitetônica, dado o comprometimento de sua acessibilidade ao público geral, ocasionado pela carência e alto preço comercial das plataformas tecnológicas necessárias para o uso desta tecnologia. Ademais, além de exigir equipamentos específicos, as aplicações de Virtualidade Aumentada demandam complexos escaneamentos do ambiente construído, para que os elementos virtuais possam interagir como se estivessem fisicamente presentes no local. Tais escaneamentos, além de exigirem muito do processamento dos dispositivos tecnológicos, ainda podem apresentar problemas na precisão do mapeamento de superfícies, que acabam interferindo na relação do ambiente real com o objeto virtual.

Além da alta demanda de processamento dos dispositivos ocasionada pelos rastreamentos e mapeamentos seriais do ambiente construído, as tecnologias de Virtualidade Aumentada também dependem de um processamento gráfico eficiente para exibir com êxito os modelos virtuais no espaço real. Essa complexidade de processos e requisitos acaba comprometendo o fotorrealismo de muitos materiais que fazem o uso desta tecnologia, pois, quanto mais informações gráficas o elemento virtual possui, mais custoso ele será à performance do dispositivo utilizado para sua visualização.



Imagem 36- Aplicações de Virtualidade Aumentada na Visualização Arquitetônica

Fonte:Autorial

CAPÍTULO 04

# REALIDADE VIRTUAL

#### 4. O que é Realidade Virtual?

A Realidade Virtual é, segundo Jerald (2015) um ambiente digital gerado computacionalmente, que pode ser experienciado de forma interativa como se fosse real. Tal ambiente digital é acessado por meio de dispositivos tecnológicos, como computadores e smartphones, ou por equipamentos auxiliares que podem funcionar tanto acoplados aos dispositivos quanto de forma independente.

Diferente da Realidade Aumentada e da Virtualidade Aumentada, que atuam sobrepondo e inserindo, respectivamente, elementos virtuais no mundo físico, na Realidade Virtual é o usuário que vai ao mundo digital, vivendo nele experiências que se espelham na realidade física e interagem com seus sentidos de visão, audição, e até mesmo tato, dependendo do quão complexo seja o equipamento de Realidade Virtual utilizado (VON SCHWEBER, 1995). É, em resumo, o uso de alta tecnologia para convencer o usuário de que ele se encontra numa realidade distinta, promovendo o máximo de imersão e envolvimento possível (PIMENTEL, apud RODRIGUES, 2013, p.99).

De acordo com Tori *et al.* (2020), numa interface de Realidade Virtual, o usuário deve ser capaz de acessar aplicações que lhe tragam a possibilidade de visualizar ambientes

tridimensionais e se mover neles em tempo real, bem como interagir com seus elementos. Conforme apontado:

“O termo Realidade Virtual (RV) foi cunhado no final da década de 1980 por Jaron Lanier (BIOCA e LEVY, 1995, p. 35), artista e cientista da computação que conseguiu convergir dois conceitos aparentemente antagônicos em um novo e vibrante conceito, capaz de captar a essência dessa tecnologia: a busca pela fusão do real com o virtual.” (TORI *et al.*, 2020, p.19)

#### 4.1 Imersão e Presença

Atrelados à tecnologia de Realidade Virtual e também complementares a si mesmos, os conceitos de imersão e presença relacionam-se à percepção do espaço virtual por parte do usuário, sendo a imersão uma ideia mais objetiva e a presença um conceito mais subjetivo.

O nível de imersão de uma Realidade Virtual é definido pela capacidade do sistema de prover, em maior ou menor grau, uma ilusão de que seu usuário se encontra numa realidade diferente (TORI *et al.*, 2020). Sendo, segundo Slater e Wilbur (1997), o nível objetivo em que um sistema estimula os receptores sensoriais do usuário.

Existe uma série de fatores que podem colaborar para um maior grau de imersão do usuário (CUMMINGS *et al.*, 2016):

- 1. Nível de rastreamento:** Refere-se à capacidade do sistema de Realidade Virtual de rastrear estímulos físicos enviados por seu usuário.
- 2. Visão estereoscópica:** De acordo com Habeyche e Méndez (2007, p.04), a visão estereoscópica é a reprodução artificial da visão binocular natural, possibilitando a visão tridimensional em ambientes virtuais.
- 3. Qualidade de imagem:** Define-se pela soma de fatores como: resolução, realismo, nível de detalhamento, taxa de serrilhados, qualidade da iluminação e mapeamento de texturas.
- 4. Campo de visão:** É a abrangência da vista total que o usuário tem dentro de um ambiente virtual.
- 5. Qualidade do som:** Relaciona-se ao emprego de estímulos auditivos no ambiente virtual e tipo de sistema de som utilizado.
- 6. Taxa de atualização:** É o tempo de resposta que as ações do indivíduo dentro do mundo virtual tomam para serem efetivadas e o quão rápido elas são mostradas ao usuário.
- 7. Perspectiva do usuário:** Refere-se a como o mundo é vis-

to pelo usuário: através de seus olhos, em primeira pessoa ou acima dos ombros de sua representação ou avatar, em terceira pessoa.

A partir da análise dos fatores supracitados, pode-se definir e comparar o nível de imersão que é propiciado por diversos sistemas, mas, de acordo com Tori *et al.* (2020), "...nem com o mais imersivo dos ambientes é possível garantir que o usuário irá de fato se sentir presente ao utilizá-lo."

A presença não é composta por uma soma de fatores que determinam sua qualidade. Ela é uma noção subjetiva, que representa um estado de consciência. Slater e Wilbur, segundo Tori *et al.* (2020, p.14), a definem como a percepção psicológica que o usuário tem de estar e fazer parte de um ambiente virtual.

Um indivíduo pode sentir-se presente num ambiente virtual de diversas formas, de acordo com a forma que ele interage com seus arredores e componentes. Jerald (apud. Tori *et al.* 2020, p.15) define quatro tipos de ilusão presença:

- 1. Espacial:** O indivíduo sente-se presente no local que fisicamente não existe.
- 2. Corporal:** O sujeito mesmo controlando um personagem

digital, sente que tem um corpo.

- 3. Física:** O indivíduo pode interagir com elementos do cenário: objetos, componentes etc., como se eles de fato existissem fisicamente.
- 4. Social:** O usuário sente que pode comunicar-se com personagens integrantes do ambiente como se estivessem fisicamente próximos uns dos outros.

#### 4.1.1 Tipos de Realidade Virtual

Levando em conta os conceitos de imersão e presença, pode-se apontar três tipos de Realidade Virtual, categorizados a partir do nível de imersão que elas propiciam. São elas (SULTAN, 2022):

**1. Realidade Virtual Não-Imersiva:** O usuário interage com o ambiente virtual controlando um avatar ou personagem que realiza as atividades no seu lugar (Imagem 37). Nessa instância, o ambiente virtual interage com o personagem do usuário, e não com ele diretamente.

Exemplos de Realidade Virtual Não-Imersiva são os mundos de jogos digitais, como: World of Warcraft, Grand Theft Auto, Minecraft, The Elder Scrolls, Second Life etc.



Imagem 37- Personagem no jogo Grand Theft Auto V  
Fonte: <https://www.techtudo.com.br/>, Acesso em 03/11/2022

**2. Realidade Virtual Semi-Imersiva:** Através de um computador ou de um visor, o indivíduo consegue movimentar-se pelo espaço virtual, mas não contará com outros estímulos que não visuais para aprimorar sua experiência. Sendo impossibilitado, por exemplo, de interagir com objetos digitais presentes no ambiente.

São exemplos de Realidade Virtual Semi-Imersiva os tours virtuais disponibilizados por empresas como Youtube, Google, Tour Virtual 360, e instituições como o Museu do Louvre (Imagem 38).



Imagem 38- Tour virtual de exposição no Museu do Louvre  
Fonte: <https://petitegalerie.louvre.fr/>, Acesso em 03/11/2022

**3. Realidade Virtual Imersiva:** Ao contrário da Realidade Virtual Não-Imersiva e da Semi-Imersiva, a Realidade Virtual Imersiva visa proporcionar ao usuário a experiência virtual mais realista possível, fazendo com que ele sinta-se fisicamente presente no mundo digital, interagindo diretamente com os eventos que nele ocorrem.

Para tal, utiliza-se equipamentos especiais que permitam o rastreamento da visão e movimentos do indivíduo, a fim de que sua representação digital realize, em tempo real, suas ações. Alguns equipamentos adicionais que ainda se encontram em fase experimental podem ser utilizados para enriquecer a experiência do usuário, como luvas e coletes hápticos que simulam a sensação de toque, pressão e peso.

Um exemplo de Realidade Virtual Imersiva é o mundo virtual do VR Chat (Imagem 39), jogo digital onde pessoas interagem com outras através de avatares controlados por dispositivos de Realidade Virtual que rastreiam seus movimentos e os replicam simultaneamente no jogo.



Imagem 39- Avatares reunidos no jogo VR Chat  
Fonte: <https://apkpure.com/>, Acesso em 03/11/2022

## 4.2 Um breve histórico da Realidade Virtual

Conforme pontuado por Rodrigues (2013), embora a Realidade Virtual exista há mais de duas décadas, foi nos últimos anos que esta tecnologia se manifestou com maior significância. Os avanços tecnológicos e a propagação da indústria de computadores viabilizou o desenvolvimento de equipamentos e interfaces mais acessíveis ao público. Se, em seus primórdios, os equipamentos de Realidade Virtual ocupavam grandes porções de um espaço, hoje vemos visores, capacetes e computadores portáteis, que cabem até mesmo na palma da mão de seu usuário.

As tecnologias de Realidade Estendida vêm a compartilhar da mesma origem, uma vez que eram consideradas, de início, a mesma coisa. Popularizam-se inicialmente na indústria de simulação, desenvolvendo-se em laboratórios de pesquisa militares e governamentais, com o *Visually Coupled Airbone Systems Simulator (VCASS)*, simulador de voo da Força Aérea dos Estados Unidos mais conhecido como *Super Cockpit*, sendo um de seus primeiros exemplares, criado em 1982 por Thomas Furness (BILLINGHURST *et al.*, 2015).

Embora note-se que a inicial popularização da Realidade Virtual ocorreu no meio militar, pode-se pontuar alguns experimentos e lançamentos ocorridos antes da apresentação

do *Super Cockpit* (1982), que já se utilizavam de elementos visuais, tecnológicos e sensoriais presentes até os dias de hoje nos dispositivos de RV atuais.

O Sensorama (Imagem 40) foi uma invenção idealizada pelo cineasta Morton Heilig na década de 1950 que, de acordo com Tori *et al.* (2020), foi o primeiro dispositivo a propiciar uma imersão dos sentidos do usuário num mundo virtual. Ele funcionava semelhante aos contemporâneos cinemas 4Ds, expondo o usuário a sons estéreos, vibrações, cheiros, e visão tridimensional. O invento foi patenteado por Heilig em 1962 e, embora não tenha sido um sucesso comercial em sua época, ele configura-se como um importante marco da história da Realidade Virtual.



Imagem 40- Fotografia do Sensorama

Fonte: <http://sindromadovinagre.blogspot.com/>, Acesso em 03/11/2022

Alguns anos após o Sensorama de Heilig, no final da década de 1960, Ivan Sutherland – engenheiro que exerceu papel fundamental na fundação da computação gráfica – desenvolve o que viria a ser conhecido como o primeiro capacete de Realidade Virtual, o *The Ultimate Display* (Imagem 41). O capacete possibilitava que o usuário enxergasse, ao movimentar a cabeça, diferentes faces de um cubo virtual que flutuava no espaço, utilizando-se de visão estereoscópica (PIMENTEL, apud RODRIGUES, 2013, p.100).



Imagem 41- The Ultimate Display de Sutherland  
Fonte: <https://www.roadtovr.com/>, Acesso em 03/11/2022

Na década seguinte, em 1975, Myron Krueger criou o Videoplace: artifício que captava os movimentos de seu usuário e os projetava em 2D numa tela. O Videoplace (Imagem 42) utilizava câmeras, projetores e equipamentos especiais que dispensavam seu usuário de – como no caso do Sensorama e do Ultimate Display – ter que equipar qualquer dispositivo auxiliar. Bastando que sua presença fosse captada pelas câmeras do equipamento. Por meio desta tecnologia, usuários de diferentes salas do laboratório de Krueger podiam interagir um com o outro (BARNARD, 2022).



Imagem 42- Interação de usuária com o Videoplace  
Fonte: <https://br.pinterest.com/>, Acesso em 03/11/2022

Em 1987, alguns anos após a criação do *Super Cockpit*, o artista e cientista Jaron Lanier, de acordo com Biocca e Levi (apud. TORI et al., 2020, p.19) funda o termo ‘Realidade Virtual’, unindo duas ideias antagônicas num novo conceito que significava a busca pela fusão do mundo real com o virtual (TORI et al., 2020). Conforme aponta os autores:

“Coube a um cineasta, na década de 1950, a concepção do primeiro dispositivo que propiciava a imersão dos sentidos do usuário em um mundo virtual tridimensional, a um engenheiro, na década de 1960, a construção do primeiro capacete de RV e a um profissional misto de artista e cientista da computação, na década de 1980, a proposta do termo que veio a consolidar-se como denominação da área tema deste livro.”(TORI et al., 2020, p.19)

Em 1986, dois anos após o início do projeto VIVED (*Virtual Environment Display*), que visava montar um visor estereoscópico de elementos virtuais a preço acessível, a NASA – agência do governo federal dos Estados Unidos responsável pelo estudo e desenvolvimento de tecnologias e programas de exploração aeroespacial – já contava com equipamentos que possibilitavam aos usuários não só visualizar estereoscopicamente elementos virtuais através de máscaras e visores especiais, como também ouvir sons tridimensionais, falas sintetizadas, ordenar comandos através da própria voz, e interagir com elementos virtuais por meio de suas próprias mãos, utilizando uma luva especial denominada de DataGlove, que funcionava

com a ajuda de sensores de movimento baseados na tecnologia de fibra ótica.

De acordo com Rodrigues (2013), a percepção de que os projetos da NASA poderiam tornar-se potencialmente comercializáveis originou, no mundo todo, diversos programas responsáveis por pesquisarem a Realidade Virtual, resultando no desenvolvimento de empresas de software e informática que iniciaram a comercialização de produtos e serviços que envolviam esta tecnologia.

Com o desenvolvimento de empresas especializadas na área, a partir do começo da década de 1990, a indústria do entretenimento passa a exercer uma grande importância na difusão da tecnologia de Realidade Virtual, tanto com contribuições experimentais: produzindo equipamentos, dispositivos, etc., quanto com contribuições artísticas, através do lançamento de filmes, livros e outras formas de mídia relacionadas ao tema.

Nessa época, o conceito de Realidade Virtual ainda abrangia a Realidade Aumentada, considerando-as como uma única tecnologia. A dissociação só veio a acontecer anos depois, em 1992 com a publicação do primeiro artigo que as diferenciava, atribuindo à Realidade Aumentada a noção de elementos virtuais sobrepostos no mundo real (LING, 2017).

Em 1991, a empresa *The Virtuality Group* lança as *Virtuality Group Arcade Machines* (Imagem 43), maquinários disponíveis ao público em arcades, espaços de lazer onde pessoas se reuniam para jogar videogames. Nestas máquinas, os jogadores utilizavam um conjunto de óculos de Realidade Virtual que os permitiam jogar, em tempo real, jogos individuais ou multijogadores através de uma interface imersiva, tridimensional, com vista estereoscópica (BARNARD, 2022).



Imagem 43- Máquinas de arcade da Virtuality Group  
Fonte: <https://virtuality.com/>, Acesso em 03/11/2022

No ano seguinte, no dia seis de março, é lançado nos cinemas o primeiro filme responsável pela introdução do conceito de Realidade Virtual ao grande público: *Passageiro do Futuro (The Lawnmower Man)* (HIGGINS, 2018). Inspirado nas ideias de Jaron Lanier, o fundador do termo ‘Realidade Virtual’, o protagonista Lawrence Angelo é um cientista que trata um paciente deficiente mental com esta tecnologia. Durante a gravação de algumas das cenas em que ela era empregada, foram utilizados equipamentos reais, desenvolvidos por laboratórios especializados na área.

A Sega Corporation, desenvolvedora e publicadora japonesa de jogos eletrônicos, anuncia em 1993 o Sega VR (Imagem 44), um equipamento em Realidade Virtual que prometia complementar a experiência dos usuários de seu console de videogames atual, o Sega Genesis. O equipamento, que seria um visor equipado pelo usuário, contaria com rastreamento de movimentação, som estéreo e telas LCD, que exibiriam ao seu usuário o conteúdo que ele estivesse jogando. No entanto, este dispositivo não saiu da fase de prototipação, uma vez que seu desenvolvimento enfrentou dificuldades técnicas que acabaram impossibilitando seu lançamento ao público. O lançamento do Sega VR, caso ocorrido, simbolizaria a primeira vez que um equipamento doméstico de Realidade Virtual foi disponibilizado ao grande público (BARNARD, 2022).



Imagem 44- Dispositivo protótipo do Sega VR  
Fonte: <https://olhardigital.com.br/>, Acesso em 03/11/2022

No entanto, a Sega, em 1994, junto à anteriormente citada The Virtuality Group, lança no Japão a VR-1 (Imagem 45), uma atração de parques de diversão que fazia uso da Realidade Virtual para imergir até oito jogadores numa experiência baseada em aventuras espaciais (WILLIAMS, 2020). Nela, os participantes combatiam hordas de alienígenas invasores, guiando, com seus olhares, onde e quem seus disparos acertariam. De acordo com Williams (2020), embora rudimentar, a

tecnologia de Realidade Virtual empregada nesta atração ainda oferecia uma experiência inovadora e atraente, tornando a VR-1 uma das atrações mais bem avaliadas dos parques de diversão da Sega.

De fato, o visor criado para a VR-1, nomeado de Mega Visor Display (MVD), foi aperfeiçoado a ponto de se tornar um dos mais avançados de sua geração, não tendo sua performance superada até o começo da segunda década do século XXI (WILLIAMS, 2020).



Imagem 45- Atração VR-1  
Fonte: <https://www.gmw3.com/>, Acesso em 03/11/2022

Em 1995, a desenvolvedora e publicadora de jogos japonesa concorrente da Sega, Nintendo, lança, no Japão e Estados Unidos, o Nintendo Virtual Boy (Imagem 46), vendido como o primeiro console de videogames portátil que exibiria gráficos verdadeiramente tridimensionais (BARNARD, 2022). Este dispositivo, contudo, acabou não sendo bem-recebido pelos consumidores, tornando-se o aparelho de videogames com menor número de vendas da Nintendo por uma série de fatores: a falta de opções de jogos disponíveis, as limitações estéticas impostas pelo fato do visor apenas exibir seus gráficos num tom monocromático de vermelho, as dimensões do console que dificultavam sua portabilidade e as supostas dores de cabeça e fadiga ocular que muitos de seus usuários relatavam ter após certo tempo de uso.



Imagem 46- Jogo do Nintendo Virtual Boy

Fonte: <https://www.aplicativosandroid.com/>, Acesso em 03/11/2022

Em 1996, a Realidade Virtual aparece novamente nos cinemas, com o lançamento da sequência do filme O Passageiro do Futuro (*The Lawnmower Man*) abordando a continuação direta dos acontecimentos do primeiro longa-metragem. O Passageiro do Futuro 2 (*Lawnmower Man 2: Beyond Cyberspace*) visou abordar conceitos complexos como mundos virtuais, ciberespaço, e consciência cibernética, mas foi mal-recebido tanto pela audiência quanto pela crítica, que avaliou negativamente as atuações e roteiro do filme.

Três anos depois do lançamento mal-recebido de O Passageiro do Futuro 2, é lançado em 1999 o filme Matrix (*The Matrix*), que veio a se tornar um grande sucesso de bilheteria, sendo o segundo filme que mais gerou receita para sua produtora, a Warner Bros Pictures. O sucesso do longa-metragem foi tamanho que a obra se tornou um marco cultural, trazendo o tema de realidade simulada ao grande público (CHRYSOSTOMOU, 2022). No filme, os antagonistas mantêm os personagens vivos num mundo virtual tão realista que eles se tornam alheios ao fato de não estarem no mundo real.

Depois da década de 1990, outro marco para a tecnologia de Realidade Virtual veio a ocorrer no ano de 2007, com a chegada do Google Street View, serviço que se propunha a complementar o Google Maps (BARNARD, 2022). O Street View providencia imagens em trezentos e sessenta graus a

nível das ruas, que são fotografadas e atualizadas de tempos em tempos por carros equipados com câmeras especiais da empresa Immersive Media (Imagem 47). Desta forma, até os dias de hoje, graças a este serviço, o usuário pode se inserir em qualquer lugar que foi registrado pela empresa, tendo uma vista compreensiva e relativamente atualizada de que situação se encontra o seu entorno.



Imagem 47- Carro equipado com câmera do Google Street View  
Fonte: <https://olhardigital.com.br/>, Acesso em 03/11/2022

No ano de 2011, Palmer Luckey, moderador de um fórum focado em discussões a respeito da Realidade Virtual, vem a prototipar aos dezoito anos de idade um visor que faria o uso desta tecnologia, objetivando criar um dispositivo que fosse mais otimizado que aqueles disponíveis no mercado, e também mais barato (WOLIGROSKI, 2013).

Um ano depois, a Oculus VR – empresa criada por Palmer – lança uma campanha de financiamento coletivo na plataforma Kickstarter, visando sustentar o desenvolvimento de seu visor de Realidade Virtual (Imagem 48), e acelerar a integração entre esta tecnologia e o desenvolvimento de videogames, ao passo que a divulgava para o grande público (GLEASURE e FELLER, 2016). A campanha representou um grande marco para a área de Realidade Virtual, uma vez que foi um grande sucesso, arrecadando uma receita de aproximadamente dois milhões e meio de dólares.



Imagem 48- Oculus Rift  
Fonte: <https://www.amazon.com.br/>, Acesso em 03/11/2022

O sucesso comercial da Oculus VR foi tamanho que, em seguida, grandes empresas do ramo da tecnologia passaram a se interessar em desenvolver seus próprios equipamentos. Em 2014, a Facebook compra a empresa de Luckey, passando a desenvolver visores de Realidade Virtual cada vez mais potentes desde então, focados em oferecer aos desenvolvedores e jogadores de videogames uma opção financeiramente acessível de dispositivo de Realidade Virtual (BARNARD, 2022).

No mesmo ano, outras grandes multinacionais anunciavam ou lançam produtos relacionados à área. A Google, por exemplo, lança o Google Cardboard (Imagem 49), uma iniciativa que visava oferecer um equipamento de Realidade Virtual ainda mais financeiramente acessível que os demais, com a utilização de papelão e do próprio smartphone do usuário exercendo papel de tela do visor. Além da Google, a Samsung também lança seu próprio dispositivo de Realidade Virtual voltado para os aparelhos móveis, o Samsung Gear VR, que, assim como o Cardboard, funcionaria utilizando o próprio smartphone do usuário como tela do equipamento.

Também em 2014, numa revelação pública endereçada a um pequeno grupo de jornalistas, a Sony anuncia o desenvolvimento de seu próprio aparelho de Realidade Virtual, o Playstation VR, que funcionaria ligado ao seu próprio console de videogame, o Playstation 4.



Imagem 49- Google Cardboard

Fonte: <https://www.americanas.com.br/>, Acesso em 03/11/2022

Os dispositivos de Realidade Virtual mais complexos que tiveram seu desenvolvimento anunciado foram finalmente lançados no ano de 2016. Dentre eles, pode-se listar o Oculus Rift, primeiro produto da Oculus VR, comprada pelo Facebook; o Playstation VR, fabricado pela Sony; e o Vive, visor de Realidade Virtual produzido pela multinacional Taiwanesa HTC Corporation. A partir desse ano, variadas empresas do ramo da tecnologia começaram a produzir e lançar seus pró-

prios equipamentos de Realidade Virtual, cada qual com suas características e requisitos de funcionamento próprios. Desde então, a cada lançamento ocorrido até o presente, pode-se notar uma crescente diminuição dos preços destes dispositivos, bem como um aumento nas suas capacidades técnicas.

O avanço tecnológico ocorrido ao longo dos anos possibilitou que, em 2018, o Oculus Go e Oculus Quest (Imagem 50) fossem lançados, sendo estes dois visores de Realidade Virtual que podiam funcionar até mesmo sem estarem ligados a um dispositivo, seja computador ou smartphone. Este tipo de tecnologia, conhecido como Realidade Virtual standalone, logo ganha popularidade entre o grande público, sobretudo por apresentar uma razão de custo-benefício consideravelmente maior que os dispositivos concorrentes, por ser bem mais complexo que um equipamento de Realidade Virtual voltado para aparelhos móveis e também mais econômico que dispositivos que requerem um computador para funcionar, uma vez que pode operar independente de estar ligado um dispositivo ou não.

Desde o lançamento destes equipamentos de Realidade Virtual mais acessíveis ao grande público, o ramo de desenvolvimento de videogames tornou-se protagonista na produção de programas que fazem o uso desta tecnologia, uma vez que as *game engines* – poderosas plataformas digitais que facilitam a de criação de videogames – passaram a oferecer em seu pacote de serviços certas ferramentas e funcionalidades especializadas na produção de aplicações que utilizam e interagem com a Realidade Virtual.



Imagem 50- Oculus Quest 2

Fonte: <https://www.vr360eshop.fr/>, Acesso em 03/11/2022

A Unity Game Engine e a Unreal Engine (Imagem 51) são as duas principais plataformas de criação de aplicações em Realidade Virtual, sendo ambas *game engines* de acesso gratuito, que permitem a livre criação de ambientes virtuais complexos, limitados apenas às capacidades técnicas dos dispositivos que os exibirão. Por serem tão acessíveis, essas ferramentas de produção de ambientes virtuais passam a extrapolar sua função inicial de instrumento exclusivo ao desenvolvimento de videogames, encontrando agora aplicações em diversas outras áreas que vão além do entretenimento: Medicina, Terapia, Arquitetura, simulações, etc. (STEFANIDIS, 2022).



Imagem 51- Espaço em Realidade Virtual criado na Unreal Engine  
Fonte: <https://www.unrealengine.com/>, Acesso em 03/11/2022

Com a crescente facilitação do desenvolvimento de ambientes em Realidade Virtual consequentes do avanço das fer-

ramentas de criação de jogos digitais, a Meta, grande empresa de tecnologia anteriormente conhecida como Facebook, anuncia em 2021 o desenvolvimento do Metaverse, uma plataforma social que se propõe a integrar, por meio da Realidade Virtual, todos os seus usuários num grande mundo digital compartilhado e imersivo.

Observando os recentes avanços, pode-se constatar que, nos últimos anos, a tecnologia de Realidade Virtual vem se desenvolvendo rapidamente, tornando-se cada vez mais popular e viabilizando, aos poucos, ideias que há algumas décadas atrás estavam presentes apenas em obras de ficção científica. Embora ainda careça de melhorias técnicas, devido às limitações gráficas de seus dispositivos, já temos acesso a produtos em Realidade Virtual que possuem características bastante realistas e imersivas.

Embora esta tecnologia seja a mais disponível das três instâncias de Realidade Estendida – dado a facilidade de acesso a ferramentas de criação de conteúdo em Realidade Virtual –, a produção dos dispositivos que a reproduzem de forma mais imersiva ainda é limitada a alguns determinados países (Estados Unidos, Coreia do Sul, Holanda, China, etc.), encarecendo o seu preço de venda nos países que precisam importá-los, e dificultando o acesso de parte da população desses demais países a tais equipamentos.

### 4.3 Visualização Arquitetônica e Realidade Virtual

Dentro da área de Visualização Arquitetônica, percebe-se, a partir da metade da década de 2010, um aumento de produções acadêmicas que estudam e propõem o emprego de ferramentas de Realidade Virtual Imersiva nesse âmbito, viabilizadas pelo acesso facilitado a plataformas que possibilitam a produção de serviços e interfaces que fazem uso desta tecnologia.

No ano de 2015, por exemplo, Angulo publica um estudo relativo à incorporação de ambientes em Realidade Virtual Imersiva como ferramentas de ensino para estudantes de Arquitetura e arquitetos (Imagem 52), utilizando-os como meio de visualizar os projetos de design e receber feedback dos avaliadores a respeito das proposições.

Em exercício proposto pela autora, utilizando o ambiente de Realidade Virtual da Faculdade de Arquitetura e Planejamento da Ball State University, estudantes propori- am um redesenho para um lobby de um hotel e, ao finalizarem o desenvolvimento de sua proposição, percorreriam seus projetos dentro da Realidade Virtual Imersiva enquanto explicavam-nos para avaliadores externos que julgariam os aspectos qualitativos do espaço e sua performance ambiental conforme o que lhes fora apresentado.

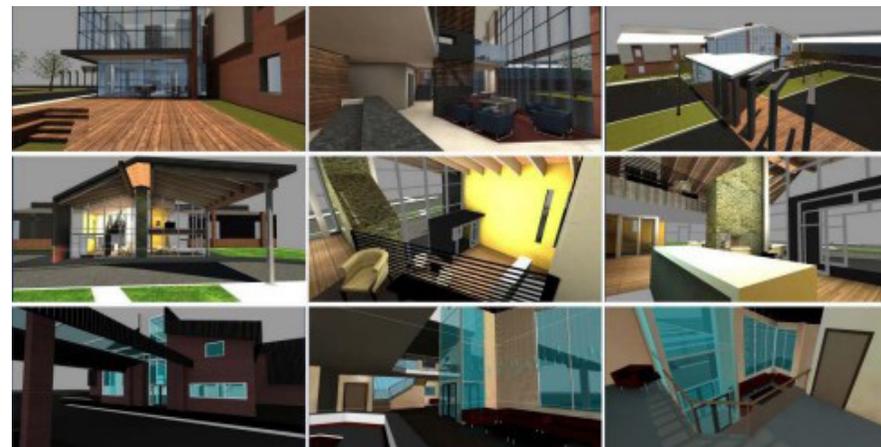


Imagem 52- Proposições em Realidade Virtual  
Fonte: Angulo (2015)

Du *et al.*, no ano seguinte, formulam um sistema que faz uso da Realidade Virtual Imersiva de modo semelhante àquele proposto por Angulo (2015), utilizando a tecnologia como meio de visualização de projetos arquitetônicos. No entanto, nesse caso, os autores vêm a idealizar uma abordagem diferente daquela tomada no estudo de 2015, focando nas interações interpessoais possíveis dentro da Realidade Virtual.

Enquanto, no trabalho de Angulo (2015), os estudantes apresentavam seus projetos arquitetônicos dentro de um ambiente virtual para avaliadores externos, que estariam limitados a observar as características do espaço através do campo de visão do indivíduo que estivesse controlando o avatar no meio

digital, na proposição de Du *et al.* (2016), todos os participantes estariam dentro da Realidade Virtual, controlando avatares independentes que poderiam se movimentar livremente pelo espaço (Imagem 53).

Nesse estudo, o ambiente virtual criado pelos autores, denominado “Multiplayer Virtual Walk”, foi elaborado por meio da game engine – ferramenta de desenvolvimento de jogos digitais – Unity 3D, no intuito de realizar um passeio virtual, com múltiplos indivíduos situados em diferentes cidades, por um prédio de escritórios que ainda viria a ser construído.



Imagem 53- Experiência multijogador dentro de Realidade Virtual  
Fonte: Du *et al.* (2016)

Também fazendo uso da Unity 3D, Kaleja *et al.*, em 2017, desenvolvem o protótipo de uma plataforma em Realidade Virtual focada na arquitetura e design de interiores, onde o usuário, além de visualizar a disposição e materialidade do mobiliário de determinado cômodo, poderia ter uma noção aproximada do valor monetário total daquele ambiente, de acordo com o preço de cada objeto inserido (Imagem 54).

Em exemplo de caso demonstrado pelos autores, o usuário, dentro da representação virtual de um apartamento de quatro quartos, era capaz de alterar a materialidade e cores de suas paredes, de seu teto e de seu piso, além de inserir três diferentes categorias de objetos: mobiliários, equipamentos eletrodomésticos e decoração, personalizando-os conforme suas preferências e adequando-os às dimensões do interior.



Imagem 54- Visualização e personalização de interiores  
Fonte: Adaptado de Kaleja *et al.* (2017)

Observando a facilidade de acesso às ferramentas de desenvolvimento de jogos e seu potencial na área de Arquitetura e Realidade Virtual, Miltiadis (2018) explora em seu estudo o uso desta tecnologia como uma nova plataforma espacial para visualização e experimentação arquitetônica que extrapolaria até mesmo as limitações físicas de nossa realidade, possibilitando a concepção de construções virtuais limitadas apenas à criatividade e intenções de quem as concebe.

O autor, no intuito de investigar a proximidade das práticas arquitetônicas e de design de jogos, bem como o potencial da arquitetura virtual e a sua riqueza, monta, para seu estudo, uma turma de mestrado a respeito deste assunto no Instituto de Arquitetura e Mídia em Graz, Áustria, cujo objetivo seria incentivar alunos a transformarem suas próprias ideias criativas em experiências jogáveis de Realidade Virtual Imersiva, com o auxílio de softwares de modelagem tridimensional e da plataforma de desenvolvimento de jogos Unity 3D, unindo em sua ementa curricular temas referentes aos campos da Arquitetura e dos Videogames.

No final do curso ministrado à turma de mestrado, os alunos haviam produzido um total de vinte e cinco aplicações de Realidade Virtual, tratando de uma ampla gama de tópicos, incluindo experiências abstratas, histórias interativas, jogos de quebra-cabeça espacial e jogos de navegação não-euclídi-

nos, explorando a liberdade criativa das *game engines* para criarem, no mundo virtual, experiências arquitetônicas, visuais e espaciais impossíveis de se replicar na vida real.

Assim como Miltiadis, Brandão *et al.*(2018) também utilizam a experiência de sala de aula para analisar e utilizar as ferramentas de Realidade Virtual. Em seu estudo, visando avaliar o emprego desta tecnologia no processo de ensino de Arquitetura, os estudantes da Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal de Juiz de Fora apresentavam seus projetos de design por meio de imagens estereoscópicas renderizadas, exibidas nas telas de seus próprios *smartphones*, acoplados a visores de Realidade Virtual Semi-Imersiva de fácil aquisição (Imagem 55).

Embora conte com certas limitações, o emprego dessa instância de Realidade Virtual neste trabalho foi essencial para que todos os estudantes tivessem acesso a uma ferramenta de visualização arquitetônica em Realidade Estendida, dada a alta disponibilidade e baixo preço unitário de seus visores. Ademais, a produção das imagens estereoscópicas utilizadas nas apresentações é feita num tempo exponencialmente menor que um ambiente em Realidade Virtual Imersiva, não exigindo de seu produtor uma carga de conhecimento técnico a respeito de áreas de tecnologia e computação, que são externas à Arquitetura.



Imagem 55- Imagem renderizada em formato estereoscópico  
Fonte: Adaptado de Brandão *et al.* (2018)

Ainda no âmbito educacional, Pybus *et al.* (2019) também exploram a Realidade Virtual como uma ferramenta didática de Visualização Arquitetônica e educação patrimonial (Imagem 56). Fazendo uso de softwares de modelagem tridimensional e ferramentas de desenvolvimento de jogos, os autores propõem uma metodologia de transformação dos modelos digitais de patrimônios histórico-culturais em ambientes de Realidade Virtual Imersiva, incrementados com conteúdo didático relacionado à sua história.

Como estudo de caso, os autores utilizaram uma modelagem digital já previamente documentada de seis espaços patrimoniais do Bloco Central do Parlamento Canadense, definindo, por meio de diferentes aplicações, a iluminação, materialidade, cores e grau de detalhamento dos respectivos ambientes, no intuito de realizar, como produto final, uma ex-

periência narrativa em Realidade Virtual Imersiva, criada por meio da plataforma de criação de jogos digitais Unity 3D.

Nesse estudo, os autores detalharam todo o processo de composição da experiência final, indo da manipulação do material-base aos preparos necessários para uma exportação bem-sucedida à Unity 3D. No processo de detalhamento, foram listados todos os softwares e formatações de arquivo necessários para cada etapa específica da produção.

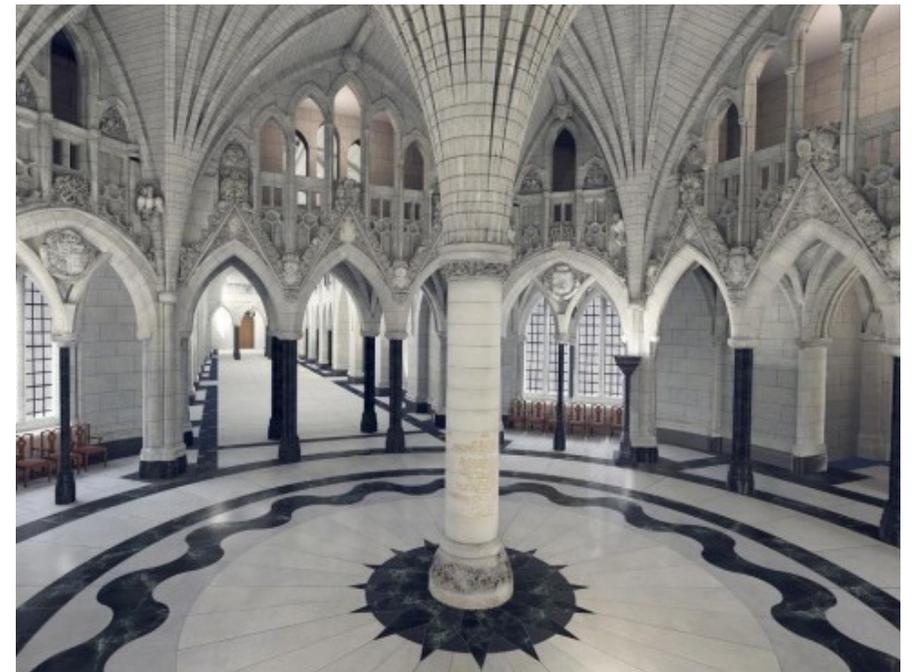


Imagem 56- Imagem final de ambiente em Realidade Virtual  
Fonte: Adaptado de Pybus *et al.* (2019)

Em produção publicada no mesmo ano, Kharvari e Höhl (2019) também fazem uso de game engines no desenvolvimento de ambientes em Realidade Virtual, propondo, no entanto, uma experiência didática de visualização arquitetônica mais gamificada que as demais supracitadas (Imagem 57).

Os autores, na sua abordagem, idealizaram e criaram o protótipo de um jogo digital educativo, que guiaria o jogador pela Therme Vals, obra arquitetônica projetada pelo arquiteto Peter Zumthor. O jogo visa incentivar a interação do usuário com a edificação virtual, estimulando-o a memorizar pontos e fatores importantes da obra através de um sistema de pontuação e coleta de artefatos especiais dispostos ao longo do percurso interno. De acordo com os autores, sua produção:

“... investigou a vantagem da RV sobre as formas convencionais de estudar elementos de Arquitetura. Simulando Therme Vals como uma experiência de jogo, observamos que o grupo de estudo foi capaz de recordar a configuração espacial eficientemente. Generalizando os resultados, podemos afirmar que a tecnologia de Realidade Virtual pode vir a substituir até mesmo visitas presenciais a obras arquitetônicas, uma vez que a experiência assemelha-se bastante às visitas e oferece uma maneira mais fácil, barata e eficiente de acumular conhecimento arquitetônico, provendo a seus usuários uma maior interatividade.” (KHARVARI e HÖHL, 2019)



Imagem 57- Jogador interagindo no jogo de Realidade Virtual  
Fonte: Adaptado de Kharvari e Höhl (2019)

Por sua vez, Hajirasouli et al. (2021) vêem nas tecnologias de Realidade Virtual uma oportunidade de preservar a memória de patrimônios histórico-culturais antigos, situados em localizações remotas, que se encontram ameaçados pelas mudanças em seu meio-ambiente advindas da globalização e consequentes mudanças socioculturais.

Em seu estudo, os autores desenvolveram uma plataforma de visualização arquitetônica digitalmente integrada, usando a tecnologia de Realidade Virtual, capaz de documentar e criar um ambiente simulado dos patrimônios ameaçados. A plataforma construída foi validada a partir da coleta de dados de campo, ao longo de cinco anos, do vilarejo de Kandovan, no Irã (Imagem 58), sendo este, de acordo com os autores, o último assentamento comunitário em forma de cone do mundo, construído a partir dos materiais naturais do local.

Os resultados da pesquisa foram exibidos na exposição QUT IMPACT na Austrália, durante uma semana, no intuito de aumentar a conscientização, incentivar o engajamento e os questionamentos a respeito da integridade desse assentamento patrimonial por meio de uma exposição interativa e envolvente com o público (Imagem 59).

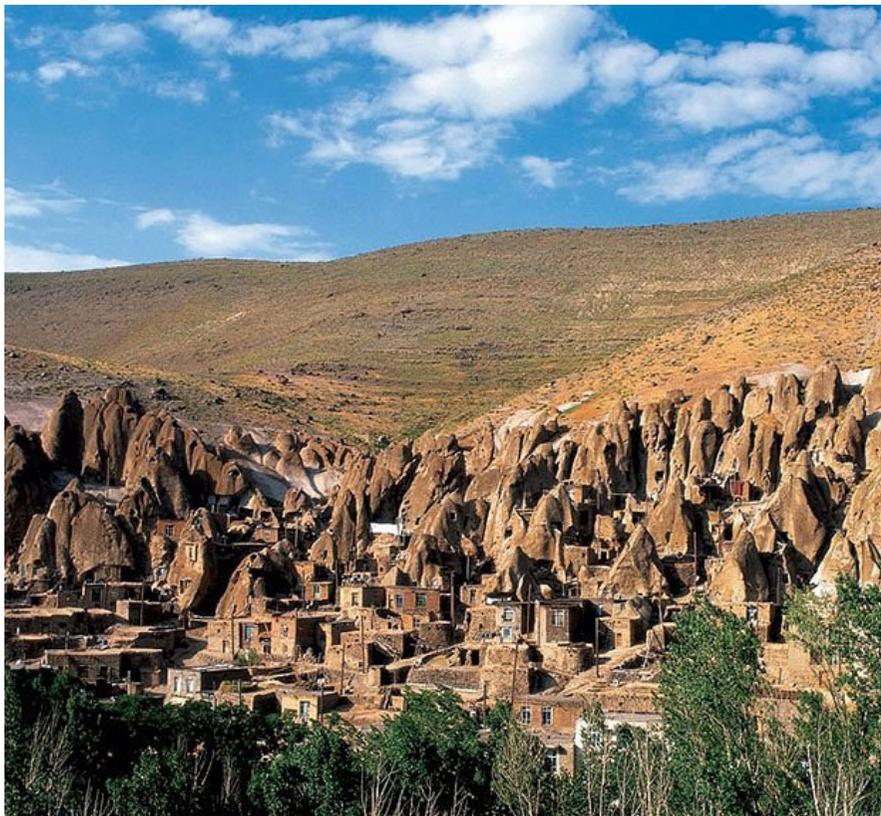


Imagem 58- Fotografia de Kandovan, no Irã  
Fonte: <https://www.tripadvisor.com.br/>, Acesso em 03/11/2022

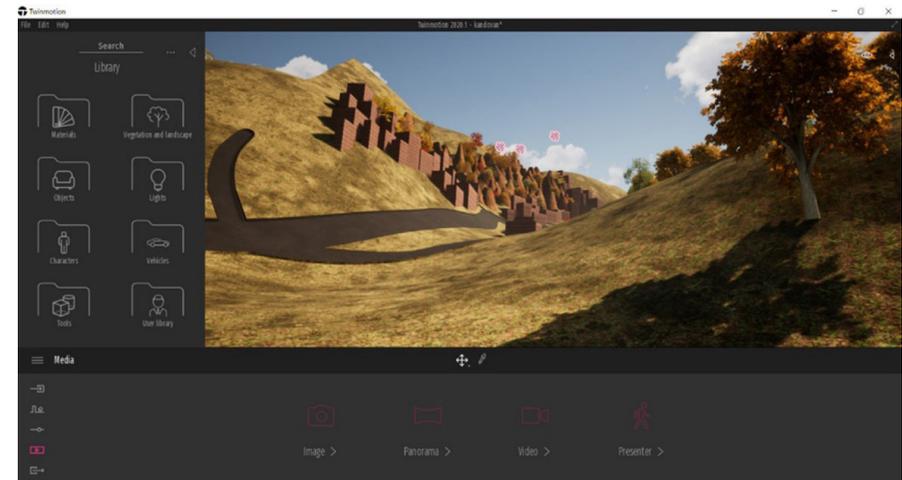


Imagem 59- Recriação dos autores em Realidade Virtual

Fonte: Hajirasouli *et al.* (2021)

Em pesquisa também relacionada à visualização arquitetônica do patrimônio histórico-cultural, Günay (2022) investiga as diferentes técnicas e ferramentas de visualização para exemplos de patrimônio arquitetônico perdido em sociedades pós-conflito, com dados disponíveis limitados, focando sobretudo nos aplicativos móveis de Realidade Virtual e suas implementações.

Como estudo de caso, o autor baseia-se em conjuntos de edificações já inexistentes localizadas em partes específicas de cidades da Turquia e Grécia, realizando modelagens digitais tridimensionais baseadas em registros historiográficos, fotográficos e cartográficos.

A partir da modelagem 3D finalizada, a pesquisa exibe-a por diferentes métodos de Visualização Arquitetônica, dentre eles: captura de tela, imagens renderizadas e, por fim, vistas em Realidade Virtual Semi-Imersiva (Imagem 60). De acordo com o autor, os modelos digitais produzidos permitiram aos atuais moradores locais vivenciar virtualmente os prédios desaparecidos de suas cidades, facilitando a compreensão dos problemas e desafios críticos anteriores e atuais.



Imagem 60- Vista panorâmica de tecido urbano em aplicativo de RV  
Fonte: Günay (2022)

Com o avanço tecnológico de plataformas de produção e visualização de Realidade Virtual, somado ao crescente aumento de interesse do público a respeito do assunto, surgem iniciativas e empreendimentos que exploram esta tecnologia nas mais diversas áreas.

Na Arquitetura – e mais especificamente no campo da Visualização Arquitetônica –, escritórios e empresas fazem uso da Realidade Virtual para apresentar a seus clientes, por meio de passeios digitais (imersivos, semi-imersivos ou não-imersivos), empreendimentos e ambientes que virão a ser construídos, buscando oferecer uma experiência visual diferenciada que comunique suas intenções projetuais.

De fato, muitas ferramentas de renderização de imagens utilizadas na área da Arquitetura incluíram em seu pacote de serviços meios facilitados de produzir cenas em Realidade Virtual. Com pouco esforço, utilizando aplicativos como Lumion, V-ray, Blender, Enscape, etc. o arquiteto pode criar fotografias estereoscópicas em 360 graus de qualquer ambiente que ele tenha previamente modelado.

Conforme apontado por Albornoz (2018), escritórios dos mais variados países vêm incorporando essa tecnologia na apresentação de seus projetos, seja de forma imersiva ou não. O autor cita, como exemplo, Utile, localizado no Canadá;

WHA Architecture, dos Estados Unidos; DG-LA, na Venezuela e Designhaaus, situado na Índia. Todos estes escritórios, citados em seu artigo, fizeram uso de uma plataforma em comum para divulgar um passeio virtual por um de seus projetos, a SentioVR, que permite ao arquiteto desenvolvedor conectar uma série de pontos – cada um contendo uma imagem em 360 graus – à vista de um ambiente, criando um trajeto entre diversas imagens interconectadas a ser percorrido pelo cliente (Imagem 61).



Imagem 61- Vista em Realidade Virtual Semi-Imersiva  
Fonte: <https://www.archdaily.com/>, Acesso em 03/11/2022

Utilizando ferramentas mais avançadas, comumente empregadas na criação de jogos digitais, algumas empresas especializadas na área oferecem a clientes – escritórios de arquitetura, incorporadoras imobiliárias, turistas, etc. – a oportunidade de explorar e visualizar diferentes ambientes em Realidade Virtual Imersiva.

A exemplo, a REinVR, Real State in Virtual Reality, é uma empresa canadense que atua no mercado imobiliário fazendo uso de game engines para criar e apresentar a seus clientes visuais fotorrealistas e imersivos de projetos arquitetônicos que ainda não foram construídos (Imagem 62).



Imagem 62- Vista em Realidade Virtual Imersiva criada pela REinVR  
Fonte: <https://www.archdaily.com/>, Acesso em 03/11/2022

Fundada em 2016 por Nathan Nasser, a REinVR, embora não seja a única empresa a trabalhar com Realidade Virtual Imersiva e Arquitetura no setor imobiliário, é uma das pioneiras na área e um dos principais expoentes do setor, aplicando o conhecimento passado de seus funcionários na área de Videogame Design em Visualização Arquitetônica para criar experiências dinâmicas, que possibilitam a mudança em tempo real de características compositivas do projeto arquitetônico.

Outro exemplo é a empresa francesa Timescope, situada em Paris, que também atua na área de Visualização Arquitetônica empregando a Realidade Virtual Imersiva (Imagem 63). No entanto, a Timescope se diferencia pelo seu enfoque de atuação: produção de materiais voltados para educação patrimonial e turismo, recriando, baseados em registros historiográficos, edificações, ruas e até mesmo inteiras cidades históricas, inserindo o cliente num meio virtual que simula como tal ambiente era em determinado período histórico.

O cliente interage com o mundo virtual por meio de visores de Realidade Estendida disponibilizados pela própria empresa, acoplados ou conectados a pontos fixos que podem ser inseridos tanto em ambientes abertos (calçadas, terraços, etc.) quanto ambientes fechados (museus, instituições culturais, outras empresas, etc.).



Imagem 63- Vista em Realidade Virtual Imersiva de Paris histórica  
Fonte: <https://www.timescope.com/>, Acesso em 03/11/2022

Organizações da área de Tecnologia da Informação também contribuem diretamente com a área de Visualização Arquitetônica e Realidade Virtual Imersiva, através da produção de softwares especializados que facilitam a integração entre uma e outra.

A ferramenta Prospect, por exemplo, criada pela IrisVR, se integra a modelagens tridimensionais BIM realizadas pelo

usuário, e permite que ele se insira dentro delas num ambiente virtual, através de uma simulação em escala real que pode ser percorrida e vista por uma ou mais pessoas simultaneamente.

Para acessar o ambiente virtual, o usuário necessita apenas arrastar modelo 3D em direção ao Prospect (Imagem 64), e escolher onde será o ponto inicial em que ele e seus colegas irão se inserir. O aplicativo se propõe a ser uma ferramenta intuitiva de apresentações, sessões colaborativas e revisão de design, possibilitando a rápida marcação de elementos, a alternância entre diferentes opções de design e mensuração de distâncias com precisão.

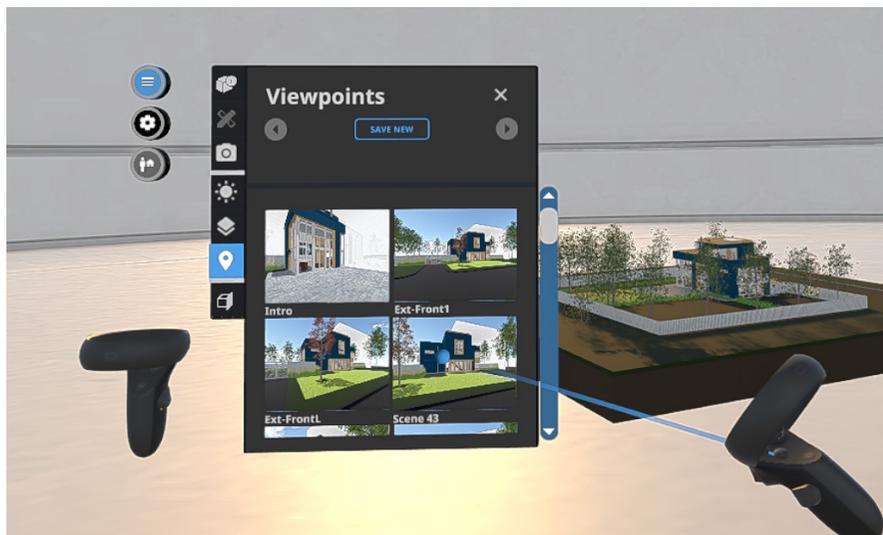


Imagem 64- Interface de usuário da Prospect  
Fonte: <https://help.irisvr.com/>, Acesso em 03/11/2022

Além da Prospect, outras ferramentas, também voltadas para a área de Arquitetura, atuam com funcionalidades semelhantes, possibilitando a visualização de modelos tridimensionais de edificações exportados por seu usuário.

Dentre elas, a que mais se assemelha ao funcionamento da Prospect é a InsiteVR, que, além de contar com as mesmas utilidades supracitadas da empresa, por meio da Realidade Virtual Imersiva, também possibilita que o usuário altere a escala da edificação em suas apresentações, podendo exibí-las tanto em escala real quanto em escala reduzida, semelhante a uma maquete física.

A Kubity, por outro lado, é um exemplo de plataforma especializada tanto na visualização em Realidade Virtual Semi-Imersiva quanto em Realidade Aumentada, que, embora siga o mesmo princípio dos outros exemplos listados, atua em plataformas diferentes, possibilitando a visualização de modelos arquitetônicos, móveis e decoração através de dispositivos celulares no tipo de exibição desejado.

Com o auxílio de aplicações especializadas na área e dispositivos com capacidade de criação e processamento de elementos gráficos complexos, a tecnologia de Realidade Virtual consegue atingir um nível de fotorrealismo superior às de Realidade Aumentada e Virtualidade Aumentada, limitando-se

apenas às capacidades técnicas das plataformas que as utilizam, de acordo com seu nível de imersão.

A criação de ferramentas de Realidade Virtual, cada vez mais simplificadas e acessíveis, facilita a aproximação e apropriação de profissionais de Arquitetura com esta tecnologia, viabilizando, cada vez mais, formas alternativas e imersivas de exibir suas obras ao cliente. Essa relativa facilidade de produção, e a possibilidade de ser apresentada em diferentes plataformas e formatos, torna a Realidade Virtual na instância de Realidade Estendida mais explorada na Visualização Arquitetônica. No entanto, vale pontuar que o nível de complexidade de produção dum ambiente virtual varia de acordo com o seu nível de imersão intencionado, exigindo mais recursos e conhecimento técnico a respeito da área, à medida em que interações mais complexas vão sendo adicionadas pelo desenvolvedor.

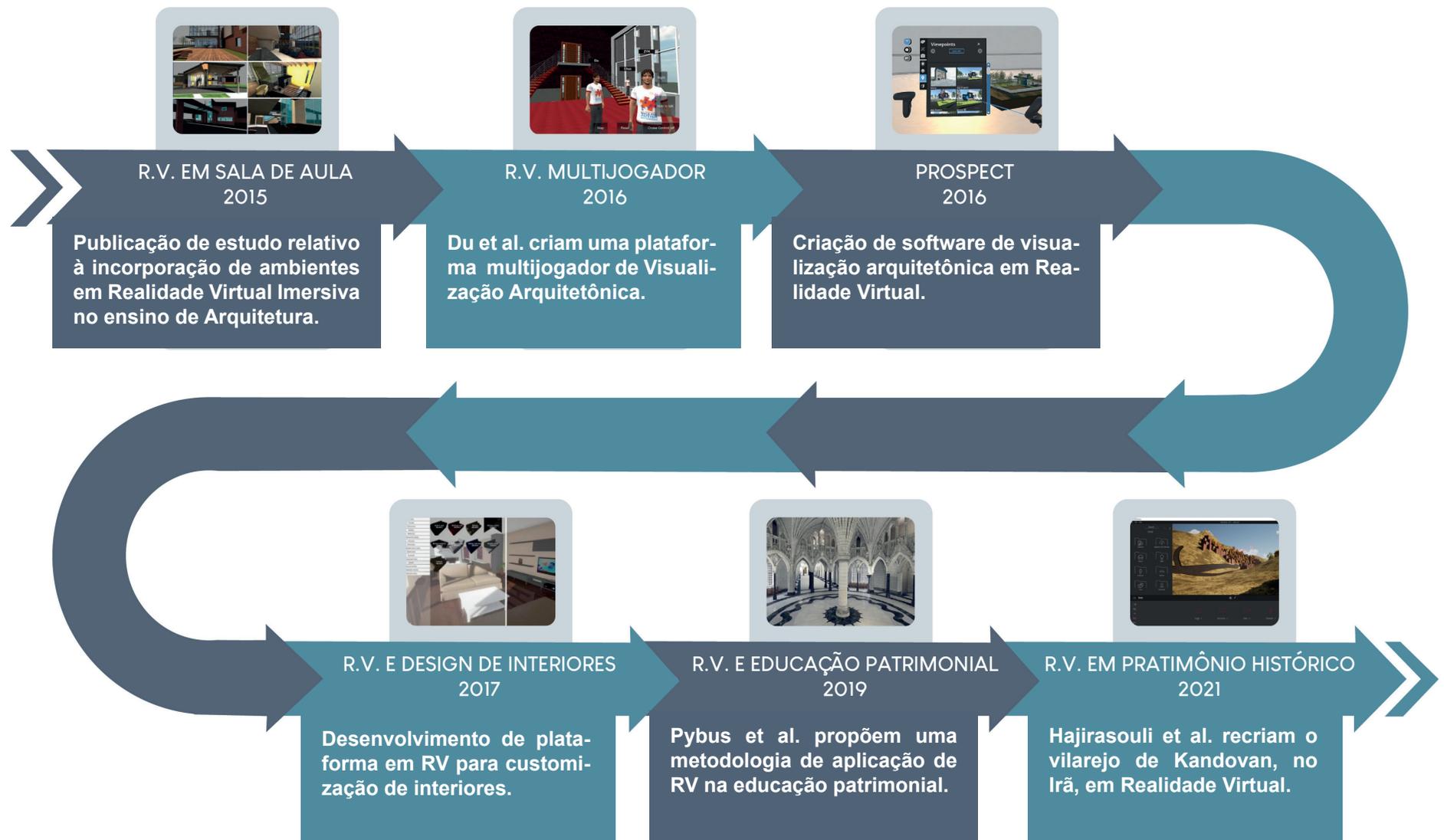


Imagem 65- Aplicações de Realidade Virtual na Visualização Arquitetônica

Fonte:Autorial

CAPÍTULO 05

# CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta obra tem como principal objetivo contextualizar o seu leitor a respeito das aplicações de Realidade Estendida numa área específica da Arquitetura e Urbanismo, compreendendo que, para além da Visualização Arquitetônica, ainda se pode apontar casos e estudos que fizeram uso desta tecnologia como parte essencial de algum processo.

Desta forma, o material aqui apresentado, além de ser uma fonte de informação introdutória a respeito da Realidade Aumentada, Virtualidade Aumentada, Realidade Virtual e suas respectivas aplicações na Visualização Arquitetônica, unindo diversas contribuições numa única obra, também se propõe a ser uma base de referências para futuros estudos ainda mais aprofundados a respeito do assunto.

Conforme pontuado por Miltiadis (2018), a Realidade Estendida configura-se como uma nova plataforma de experimentação arquitetônica, e apresenta-se como uma oportunidade de inserir o usuário num contexto diferente do convencional, possibilitando a interação imersiva com elementos que sequer existem fisicamente e a criação de ambientes limitados apenas pela imaginação de seu inventor. Essa tecnologia avança rapidamente num ritmo constante, viabilizando o acesso do público consumidor a novas aplicações, cada vez mais complexas, ao passo que torna outras, mais antigas, obsoletas. No presente momento, por exemplo, pode-se apontar que certas instâncias

da Realidade Estendida são mais utilizadas no âmbito da Visualização Arquitetônica que outras. Dentre os três domínios da Realidade Estendida, a Realidade Virtual é a tecnologia mais empregada na área, contando com uma maior versatilidade de exibição e maior capacidade de fotorrealismo, além de uma ampla gama de ferramentas simplificadas de desenvolvimento. A Realidade Aumentada, por sua vez, encontra-se num patamar intermediário, apresentando potencial na Visualização Arquitetônica, mas ainda se limitando pela carência de plataformas de produção mais acessíveis ao público e pelas capacidades técnicas das plataformas que a utilizam. Já a Virtualidade Aumentada, embora seja, de acordo com Brigham (2017), um sistema com o potencial de integrar de forma mais fidedigna o mundo real com o virtual, é o menos explorado dos três, tanto por ser aquele relativamente mais recente, quanto pelas plataformas que a utilizam ainda não serem comercialmente acessíveis ao grande público.

Nesse constante ritmo de mudanças, ao passar dos anos, aplicações e equipamentos citados neste trabalho poderão cair em desuso, enquanto outros, desconhecidos ou pouco explorados atualmente, poderão se tornar ferramentas muito utilizadas dentro e fora da área de Arquitetura e Urbanismo.

CAPÍTULO 06

# REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**A Game Changer for Architectural Visualization.** Archdaily, 11 jun. 2018. Disponível em: <<https://www.archdaily.com/895761/a-game-changer-for-architectural-visualization>>. Acesso em: 2 set. 2022.

ABDELHAMEED, Wael A. Virtual Reality Use in Architectural Design Studios: A case of studying structure and construction. **Procedia Computer Science**, v. 25, p. 220-230, 2013.

AGUIAR, Marcellius Oliveira de; PEREIRA, Alice Theresinha Cybis. A UTILIZAÇÃO DE REALIDADE VIRTUAL E REALIDADE AUMENTADA NA ARQUITETURA E URBANISMO. **Revista da UNIFEDE**, v. 1, n. 14, 2014.

ALBORNOZ, Manuel. **5 Architecture Offices Using VR to Present Their Designs.** Archdaily, 5 ago. 2018. Disponível em: <<https://www.archdaily.com/899599/5-architecture-offices-using-vr-to-present-their-designs>>. Acesso em: 2 set. 2022.

ANGULO, Antonieta. Rediscovering Virtual Reality in the Education of Architectural Design: The immersive simulation of spatial experiences. **Ambiances. Environnement sensible, architecture et espace urbain**, n. 1, 2015.

Axiom Holographics. **Euclidean's Hologram Rooms for Business.** Youtube, 2 out. 2019. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=nkPUelOKf2k>>. Acesso em: 10 set. 2022.

AZUMA, Ronald et al. Recent advances in augmented reality. **IEEE computer graphics and applications**, v. 21, n. 6, p. 34-47, 2001.

BARNARD, Dom. **History of VR - Timeline of Events and Tech Development.** Virtualspeech, 6 out. 2022. Disponível em: <<https://virtualspeech.com/blog/history-of-vr>>. Acesso em: 04 nov. 2022.

BELCHER, Daniel; JOHNSON, Brian R. An augmented reality interface for viewing 3d building information models. In: **26th eCAADe Conference Proceedings**. 2008. p. 561-568.

BILLINGHURST, Mark et al. A survey of augmented reality. **Foundations and Trends® in Human-Computer Interaction**, v. 8, n. 2-3, p. 73-272, 2015.

BLACKER, Adam. **Worldwide & US Download Leaders 2020.** Apptopia, 7 jan. 2021. Disponível em: <<https://blog.apptopia.com/worldwide-us-download-leaders-2020>>. Acesso em: 12 jul. 2022.

BRIGHAM, Tara J. Reality check: basics of augmented, virtual, and mixed reality. **Medical reference services quarterly**, v. 36, n. 2, p. 171-178, 2017.

BROLL, Wolfgang et al. Arthur: A collaborative augmented environment for architectural design and urban planning. **JVRB-Journal of Virtual Reality and Broadcasting**, v. 1, n. 1, 2004.

BROSCHART, Daniel; ZEILE, Peter. Architecture: augmented reality in architecture and urban planning. **Peer reviewed proceedings of digital landscape architecture**, v. 2015, p. 111, 2015.

CARPO, Mario. **The second digital turn: design beyond intelligence.** MIT press, 2017.

CHAN, Chiu-Shui; BOGDANOVIC, Jelena; KALIVARAPU, Vijay. Applying immersive virtual reality for remote teaching architectural history. **Education and Information Technologies**, v. 27, n. 3, p. 4365-4397, 2022.

CHRYSOSTOMOU, George. **The Matrix & 9 Other Movies That Take Place Within A Virtual Reality.** Screenrant, 18 jan.

2022. Disponível em: <<https://screenrant.com/virtual-reality-movies-matrix/>>. Acesso em: 04 nov. 2022.

CHUNG, D. H. J. et al. Outdoor mobile augmented reality for past and future on-site architectural visualizations. In: **Computer Aided Architectural Design Futures**. 2009. p. 557-571.

COSTANZA, Enrico; KUNZ, Andreas; FJELD, Morten. Mixed reality: A survey. In: **Human machine interaction**. Springer, Berlin, Heidelberg, 2009. p. 47-68.

CUMMINGS, James J.; BAILENSON, Jeremy N. How immersive is enough? A meta-analysis of the effect of immersive technology on user presence. **Media Psychology**, v. 19, n. 2, p. 272-309, 2016.

DANIELSSON, Christina Bodin. Experiencing Architecture—Exploring the Soul of the Eye. In: **Proceedings of the ARCC 2011 Spring Research Conference: Considering Research: Reflecting Upon Current Themes in Architecture Research**. 2011. p. 95-102.

DONATH, Dirk; REGENBRECHT, Holger. **Using virtual reality aided design techniques for three-dimensional architectural sketching**. 1996.

DU, Jing et al. Communication by interaction: A multiplayer VR environment for building walkthroughs. In: **Construction Research Congress**. 2016. p. 2281-2290.

EDWARDS-STEWART, Amanda; HOYT, Tim; REGER, Greg. Classifying different types of augmented reality technology. **Annual Review of CyberTherapy and Telemedicine**, v. 14, p. 199-202, 2016.

**Everything You Need to Know About The HoloLens**. buil-

dwagon, 8 mar. 2022. Disponível em: <<https://www.buildwagon.com/What-happened-to-the-Hololens.html>>. Acesso em: 2 set. 2022.

FREITAS, Márcia Regina de; RUSCHEL, Regina Coeli. Aplicação de realidade virtual e aumentada em arquitetura. **Arquiteturarevista**, v. 6, n. 2, p. 127-135, 2010.

FURNESS III, Thomas A. The super cockpit and its human factors challenges. In: **Proceedings of the human factors society annual meeting**. Sage CA: Los Angeles, CA: SAGE Publications, 1986. p. 48-52.

GLEASURE, Rob; FELLER, Joseph. **A rift in the ground: Theorizing the evolution of anchor values in crowdfunding communities through the oculus rift case study**. **Journal of the Association for Information Systems**, v. 17, n. 10, p. 1, 2016.

GRILO, Leonardo et al. Possibilidades de aplicação e limitações da realidade virtual na Arquitetura e na construção civil. **Simpósio Brasileiro de Gestão da Qualidade e Organização no Trabalho no Ambiente Construído**, v. 2, 2001.

GÜNAY, S. Virtual Reality For Lost Architectural Heritage Visualization Utilizing Limited Data. **International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences**, 2022.

HABEYCHE, Sthefania Campos; MÉNDEZ, Ricardo Brod. A estereoscopia para fins arquitetônicos e urbanísticos. In: **VII International Conference on Graphics Engineering for Arts and Design XVIII Simpósio Nacional de Geometria Descritiva e Desenho Técnico-Gráfica**. 2007.

HAJIRASOULI, Aso et al. Virtual reality-based digitisation for

endangered heritage sites: Theoretical framework and application. **Journal of Cultural Heritage**, v. 49, p. 140-151, 2021.

HIGGINS, Bill. **Hollywood Flashback: 'The Lawnmower Man' Explored Virtual Reality in 1992**. The Hollywood Reporter, 22 mar. 2018. Disponível em: <<https://www.hollywoodreporter.com/movies/movie-news/26-years-lawnmower-man-explored-virtual-reality-1992-1095678/>>. Acesso em: 4 jul. 2022.

HOUSER, Kristin. **Magic Leap reveals release date, price for new AR glasses**. Game Developer, 27 jun. 2022. Disponível em: <<https://www.freethink.com/technology/ar-glasses-magic-leap-2#:~:text=It%20wasn't%20until%202018,that%20founder%20Rony%20Abovitz%20predicted.>>>. Acesso em: 10 set. 2022.

IBRAHIM, Anwar; AL-RABABAH, Amneh Ibrahim; BAKER, Qanita Bani. Integrating virtual reality technology into architecture education: The case of architectural history courses. **Open House International**, 2021.

JERALD, J. The VR book: **Human-centered design for virtual reality**. [s.l.] Morgan & Claypool, 2015.

KALEJA, Pavol; KOZLOVSKA, Maria. Virtual reality as innovative approach to the interior designing. **Selected Scientific Papers-Journal of Civil Engineering**, v. 12, n. 1, p. 109-116, 2017.

KHARVARI, Farzam; HÖHL, Wolfgang. The role of serious gaming using virtual reality applications for 3D architectural visualization. In: **2019 11th International Conference on Virtual Worlds and Games for Serious Applications (VS-Games)**. IEEE, 2019. p. 1-2.

KIM, Tom. **In-Depth: Eye To Eye - The History Of EyeToy**.

Game Developer, 6 jun. 2008. Disponível em: <<https://www.gamedeveloper.com/pc/in-depth-eye-to-eye---the-history-of-eye-toy>>. Acesso em: 2 set. 2022.

KOWALSKI, Szymon et al. Teaching architectural history through virtual reality. **World Transactions on Engineering and Technology Education**, v. 18, p. 197-202, 2020.

LEMES, Francismar. **Realidade virtual ou aumentada, a ponte entre dois mundos**. [S. l.], 5 abr. 2021. Disponível em: <<http://acil.com.br/noticias/realidade-virtual-ou-aumentada-a-ponte-entre-dois-mundos#:~:text=%E2%80%9CExiste%20uma%20confus%C3%A3o%20bem%20comum,digital%20com%20o%20mundo%20real>>. Acesso em: 4 jul. 2022.

LING, Haibin. Augmented reality in reality. **IEEE MultiMedia**, v. 24, n. 3, p. 10-15, 2017.

LOPES, Mariana et al. Sistema de Realidade Aumentada para Apoio ao Projeto de Arquitetura. **Atas da EPCG**, v. 2014, p. 21º, 2014.

LOURES BRANDÃO, Guilherme Valle et al. Virtual reality as a tool for teaching architecture. In: **International Conference of Design, User Experience, and Usability**. Springer, Cham, 2018. p. 73-82.

Magic Leap. **Real-time architectural previsualization**. Youtube, 7 dez. 2021. Disponível em: <[https://www.youtube.com/watch?v=zHBa4cm\\_0aw](https://www.youtube.com/watch?v=zHBa4cm_0aw)>. Acesso em: 10 set. 2022.

MATHUR, Rajshree. 3D printing in architecture. **International journal of innovative science, engineering & technology**, v. 3, n. 7, p. 583-591, 2016.

MCALOON, Alissa. **Pokemon Go surpasses 1 billion down-**

loads worldwide. [S. l.], 39 jul. 2019. Disponível em: <<https://www.gamedeveloper.com/mobile/-i-pokemon-go-i-surpasses-1-billion-downloads-worldwide>>. Acesso em: 12 jul. 2022.

MILGRAM, P.; TAKEMURA, H. a Utsumi, and F. Kishino, "Mixed Reality (MR) Reality-Virtuality (RV) Continuum,". **Systems Research**, v. 2351, p. 282-292, 1994.

MILTADIS, Constantinos. **Virtual Reality, Videogames, Architecture and Education-From utopian drawings to in-constructible navigable environments**. 2018.

MITCHELL, Peter. **What is Architectural Visualisation?**. [S. l.], 16 jan. 2020. Disponível em: <<https://www.businesswest.co.uk/blog/what-architectural-visualisation>>. Acesso em: 12 jul. 2022.

PEREIRA, Vinícius Coutinho. **A realidade virtual e aumentada como ferramenta auxiliar no ensino de projeto arquitetônico: um estudo de caso em disciplinas de projeto de arquitetura e urbanismo**. 2018.

PHAN, Viet Toan; CHOO, Seung Yeon. Interior design in augmented reality environment. **International Journal of Computer Applications**, v. 5, n. 5, p. 16-21, 2010.

PINA, Josemar da Costa Fernandes. **Realidade virtual no ensino da arquitetura**. 2020. Tese de Doutorado. Universidade de Lisboa, Faculdade de Arquitetura.

PORTMAN, Michelle E.; NATAPOV, Asya; FISHER-GEWIRTZMAN, Dafna. To go where no man has gone before: Virtual reality in architecture, landscape architecture and environmental planning. **Computers, Environment and Urban Systems**, v. 54, p. 376-384, 2015.

PYBUS, C. et al. NEW REALITIES FOR CANADA'S PARLIAMENT: A WORKFLOW FOR PREPARING HERITAGE BIM FOR GAME ENGINES AND VIRTUAL REALITY. **International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences**, 2019.

RAEL, Ronald; SAN FRATELLO, Virginia. **Printing architecture: Innovative recipes for 3D printing**. Chronicle Books, 2018.

REGENBRECHT, Holger; DONATH, Dirk. Architectural education and virtual reality aided design. **Designing Digital Space: An Architect's Guide to Virtual Reality**, New York, 1997.

RODRIGUES, Gessica Palhares et al. Realidade virtual: conceitos, evolução, dispositivos e aplicações. **Educação**, v. 1, n. 3, p. 97-109, 2013.

ROKHSARITALEMI, Somaieh; SADEGHI-NIARAKI, Abolghasem; CHOI, Soo-Mi. A review on mixed reality: Current trends, challenges and prospects. **Applied Sciences**, v. 10, n. 2, p. 636, 2020.

ROTAB, Mohamed. **Architectural Visualization with HoloLens**. Youtube, 19 dez. 2016. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=kHSgL6vaOTY>>. Acesso em: 10 set. 2022.

SATO, Yusuke et al. **A marker-less augmented reality system using image processing techniques for architecture and urban environment**. 2016.

SEIDAMETOVA, Zarema S.; ABDURAMANOV, Zinnur S.; SEYDAMETOV, Girey S. Using augmented reality for architecture artifacts visualizations. **CEUR Workshop Proceedings**, 2021.

Sketchup. **SketchUp Viewer for Hololens Demonstration**. Youtube, 25 jan. 2017. Disponível em: <<https://youtu.be/dmpo-Cjz0Yc0>>. Acesso em: 10 set. 2022.

SLATER, Mel; WILBUR, Sylvia. A framework for immersive virtual environments (FIVE): Speculations on the role of presence in virtual environments. **Presence: Teleoperators and virtual environments**, v. 6, n. 6, p. 603-616, 1997.

STEFANIDIS, Mario. **Exploring the Growth of Game Engines**. Roundhill Investments, 2022. Disponível em: <<https://www.roundhillinvestments.com/research/metaverse/exploring-the-growth-of-game-engines>>. Acesso em: 17 ago. 2022.

SULTAN C. S. **5 Types Of Virtual Reality – Creating A Better Future**. Rextheme, 2022. Disponível em: <<https://rextHEME.com/types-of-virtual-reality/>>. Acesso em: 03 ago. 2022.

SÁNCHEZ RIERA, Albert; REDONDO, Ernest; FONSECA, David. Geo-located teaching using handheld augmented reality: good practices to improve the motivation and qualifications of architecture students. **Universal Access in the Information Society**, v. 14, n. 3, p. 363-374, 2015.

TONN, C.; PETZOLD, F.; DONATH, D. **See-Through History: 3D augmented reality for the reconstruction of the Bauhaus director's office reception area from 1923**. 2009.

TONN, Christian; DONATH, Dirk; PETZOLD, Frank. **Simulating the atmosphere of spaces**. 2007.

TONN, Christian; PETZOLD, Frank; DONATH, Dirk. **Put on your glasses and press right mouse button**. 2008.

TORI, Romero; DA SILVA HOUNSELL, Marcelo. **Introdução a realidade virtual e aumentada**. Interação, v. 7, 2020.

VON SCHWEBER, L. ; VON SCHWEBER, E. Cover story: **realidade virtual**, PC Magazine Brasil, p. 50-73, v. 5, n. 6, 1995.

WANG, Xiangyu. **Agent-based augmented reality system for urban design: framework and experimentation**. 2007.

WANG, Xiangyu. Augmented reality in architecture and design: potentials and challenges for application. **International Journal of Architectural Computing**, v. 7, n. 2, p. 309-326, 2009.

**What happened to the Microsoft Hololens?**. Archdaily, 8 mar. 2022. Disponível em: <<https://www.buildwagon.com/What-happened-to-the-Hololens.html>>. Acesso em: 03 nov. 2022.

WHYTE, Jennifer. Industrial applications of virtual reality in architecture and construction. **Journal of Information Technology in Construction (ITcon)**, v. 8, n. 4, p. 43-50, 2003.

WILLIAMS, Kevin. **The Virtual Arena – Blast From The Past: The VR-1**. VR Focus, 2020. Disponível em: <<https://www.vr-focus.com/2020/07/the-virtual-arena-blast-from-the-past-the-vr-1/>>. Acesso em: 04 jul. 2022.

WILLIAMS II, D. **Foundations and Future of Augmented Reality and eCommerce: How augmented reality will impact online retail**. [s.l.] Augment, 2017.

WOLIGROSKI, Don. 3D, **Virtual Reality, And Immersive Technology At The U Of OIT**. Tom's Hardware, 2013. Disponível em: <<https://www.tomshardware.com/reviews/augmented-reality-immersive-technology-university-of-ontario.3630-3.html>>. Acesso em: 03 ago. 2022.

## **ANEXOS**

01 - Realidade Estendida e Visualização Arquitetônica: Cartilha  
Explicativa

# REALIDADE ESTENDIDA NA VISUALIZAÇÃO ARQUITETÔNICA

CARTILHA EXPLICATIVA

# SUMÁRIO

## 01

### REALIDADE ESTENDIDA

- O que é Realidade Estendida?
- Realidade Estendida e Arquitetura
- O que é Visualização Arquitetônica



Pag. 04

## 02

### REALIDADE AUMENTADA

- O que é Realidade Aumentada?
- Visualização Arquitetônica e R.A.



Pag. 08

## 03

### VIRTUALIDADE AUMENTADA

- O que é Virtualidade Aumentada?
- Visualização Arquitetônica e V.A.



Pag. 11

## 04

### REALIDADE VIRTUAL

- O que é Realidade Virtual?
- Visualização Arquitetônica e R.V.



Pag. 14

CAPÍTULO 01

# REALIDADE ESTENDIDA

# O que é Realidade Estendida?

Nas últimas duas décadas, o constante avanço das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) viabilizou o acesso a uma ampla gama de ferramentas que nos permitem rastrear nossos próprios movimentos e replicar física ou digitalmente componentes de nossa realidade nas mais diversas escalas (CARPO, 2017).

Beneficiando-se da viabilização de novas ferramentas cada vez mais complexas, as tecnologias de **Realidade Estendida** vêm ganhando uma crescente popularidade ao longo dos últimos anos, evidenciada pelo acréscimo de vendas de dispositivos e aplicações que a empregam, bem como a alta de estudos, em diversas áreas acadêmicas, sobre seu desenvolvimento e possíveis usos.

Realidade Estendida é um conceito que engloba tecnologias que buscam, com o auxílio de equipamentos, combinar a nossa realidade com o mundo virtual, seja transpondo elementos do mundo real - incluindo o próprio usuário - para ambientes virtuais, ou mesclando elementos virtuais com nossa própria realidade. Milgram e Kishino (1994) a subdividem em três diferentes instâncias, cada qual se integrando à nossa realidade num grau diferente, sendo elas: **Realidade Aumentada**, **Virtualidade Aumentada** e **Realidade Virtual**.

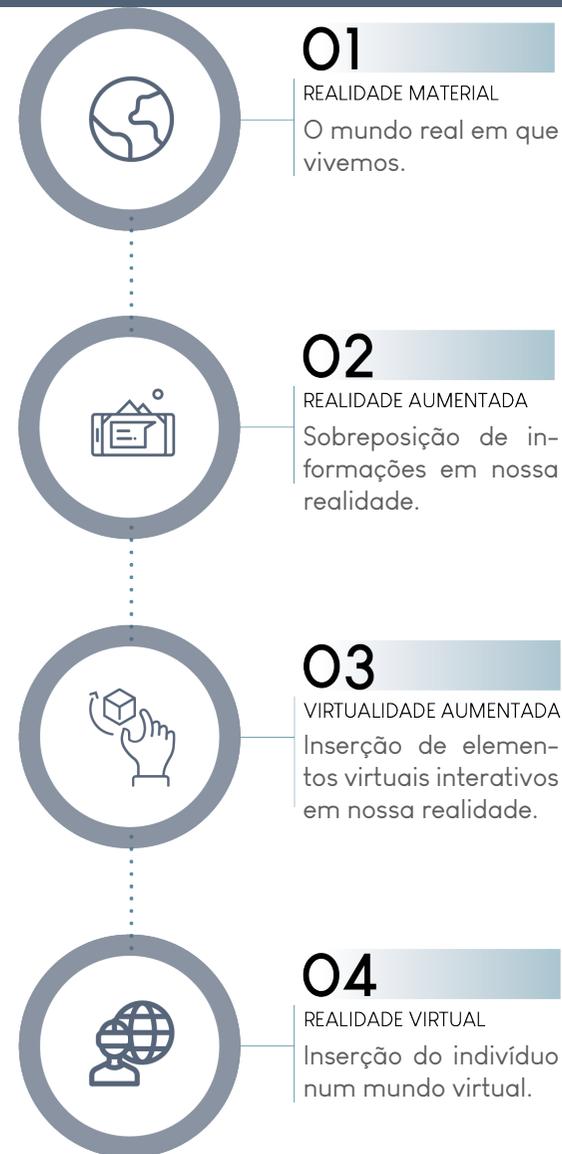


Imagem 1- Definição de Realidade Estendida

Fonte: Autoral

# Realidade Estendida e Arquitetura

Identificamos, nos últimos anos, uma expressiva crescente de estudos relacionados às tecnologias de Realidade Estendida no campo da **Arquitetura**. Tanto no cenário acadêmico internacional quanto nacional, estudiosos pesquisam suas aplicações nas mais diversas áreas: acompanhamento de obras em construção (SATO *et al.*, 2018); concepção de projetos arquitetônicos de edifícios e seus interiores (WANG, 2009; LOPES *et al.*, 2014); ensino de teoria e história da Arquitetura e Urbanismo (IBRAHIM *et al.*, 2021); simulações e visualização arquitetônica (CHUNG *et al.*, 2009; BRANDÃO *et al.*, 2018; PYBUS *et al.*, 2019, etc.).

Dentre as áreas supracitadas, a que mais se destaca é a **Visualização Arquitetônica**. Por relacionar-se diretamente às Tecnologias de Informação e Comunicação, a Visualização Arquitetônica compreende diversos setores de atuação: Jogos Digitais, Ciências da Computação, Design, Arquitetura, etc., também contando com contribuições externas ao campo acadêmico, que desenvolvem tecnologias e aplicações idealizadas especialmente para esta área.

## Onde se utiliza Realidade Estendida na Arquitetura?



Obras



Design de Interiores



Sala de Aula



Simulações



Educação Patrimonial



Visualização Arquitetônica

Imagem 2- Aplicações de RE na Arquitetura

Fonte: Autoral

# O que é Visualização Arquitetônica?

A Visualização Arquitetônica é o processo de experimentação dos modelos digitais de estruturas, construções e ambientes criados por meio da computação, fazendo uso de métodos de modelagem tridimensionais complexos e ferramentas de renderização (MITCHELL, 2020). Os modelos criados por ferramentas de Visualização Arquitetônica podem ser apresentados em variados formatos: fotografias, vídeos, jogos interativos, tours virtuais, hologramas, e até mesmo interfaces onde o próprio usuário se insere num espaço virtual, com o auxílio de aparatos que utilizam tecnologias de Realidade Estendida, permitindo-lhe interagir com elementos digitais como se estes fossem reais.

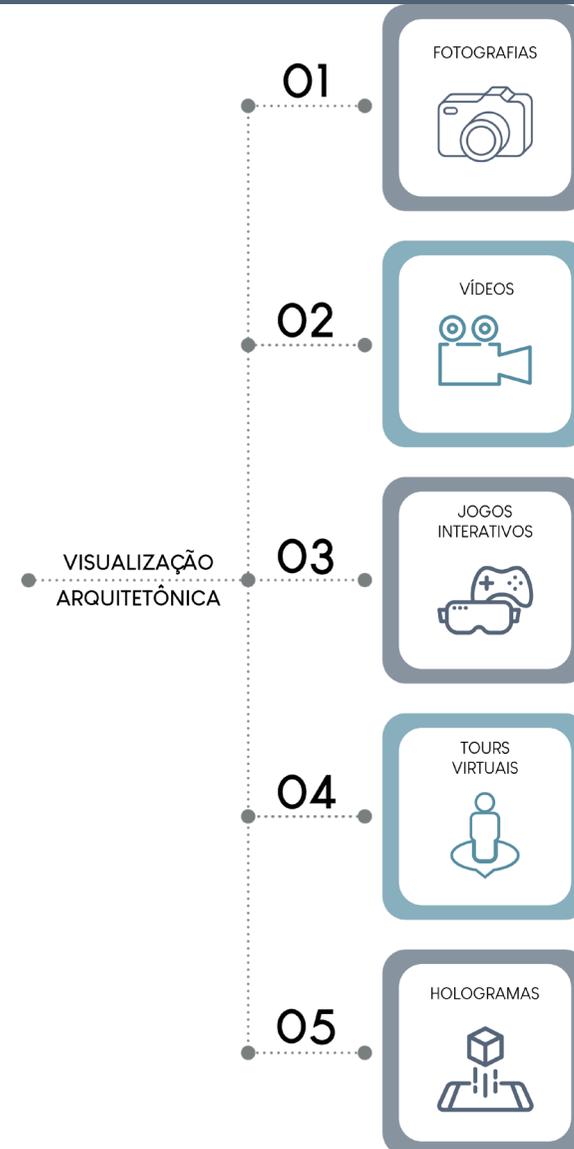


Imagem 3- Definição de Visualização Arquitetônica

Fonte:Autoral

CAPÍTULO 02

# REALIDADE AUMENTADA



# Visualização Arquitetônica e R.A.

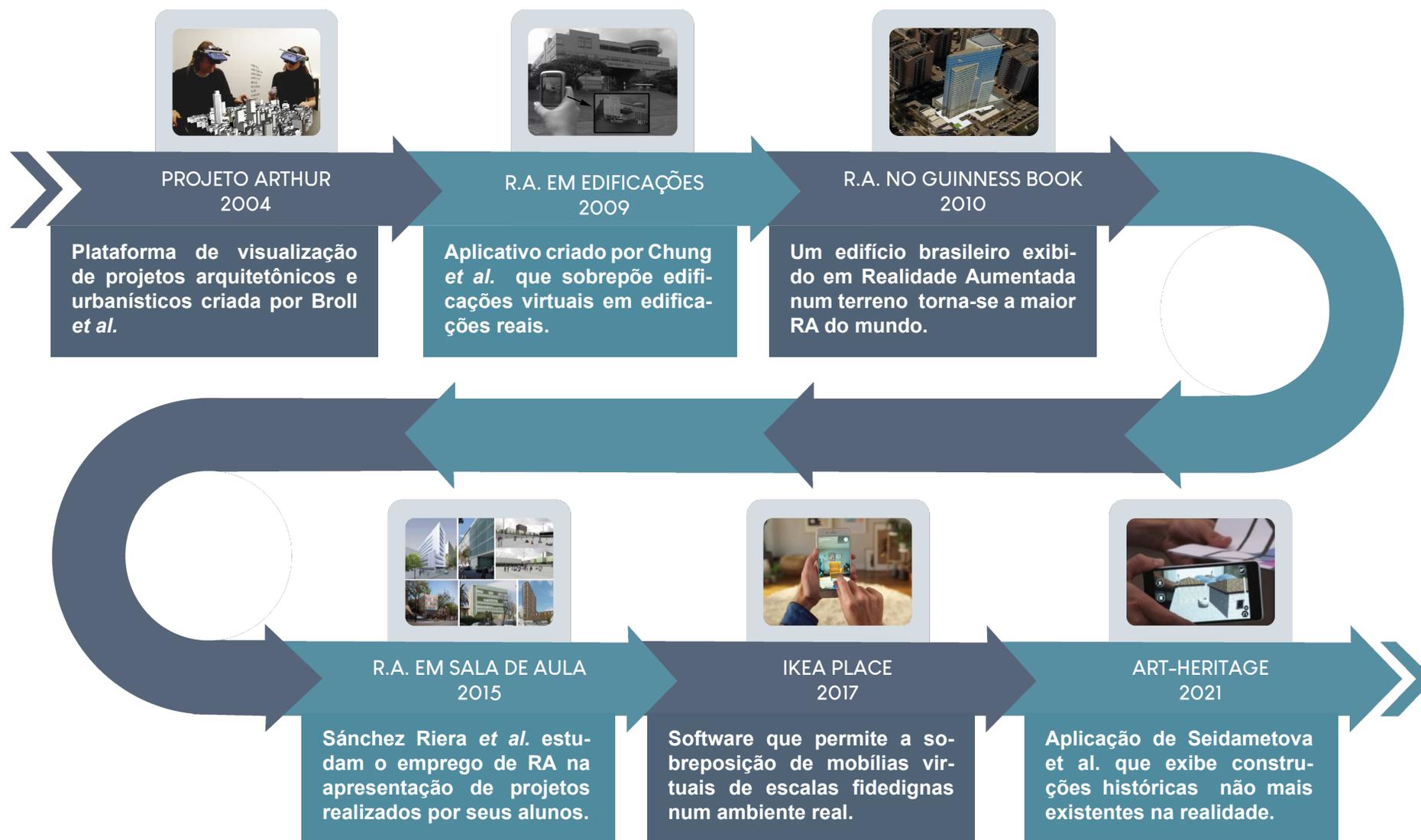


Imagem 5- Realidade Aumentada na Visualização Arquitetônica

Fonte: Autoral

CAPÍTULO 03

# VIRTUALIDADE AUMENTADA

# O que é Virtualidade Aumentada?

A Virtualidade Aumentada (VA) é uma instância da Realidade Estendida que, de acordo com a definição de Brigham (2017), possibilita que o indivíduo veja, com o auxílio de aparelhos complementares (óculos, visores, capacetes, etc.), objetos virtuais críveis e interativos dispostos no mundo real, que coexistem com seus arredores como se lá estivessem fisicamente presentes. Diferente da Realidade Aumentada, a tecnologia de Virtualidade Aumentada permite que o usuário interaja com as noções de profundidade e perspectiva do ambiente em que se encontra, visando aumentar, desta forma, o senso de imersividade do usuário, que é comprometido quando se ocorre a clara separação entre os elementos reais e virtuais. De acordo com Segundo Rokhsaritalemi et al. (2020), Quanto menos evidente for a distinção entre os dois mundos, mais imersivo o sistema se torna.

No entanto, embora seja um sistema que integre de forma mais fidedigna o mundo real com o virtual e apresente um grande potencial de imersividade, a Virtualidade Aumentada é o conceito menos explorado dentre os três domínios da Realidade Estendida, pelo fato de ser o mais recente e muitos de seus dispositivos e tecnologias ainda não estarem disponíveis ao grande público (BRIGHAM, 2017).

## VIRTUALIDADE AUMENTADA

Inserção de objetos virtuais interativos dispostos no mundo real



Objetos virtuais coexistem com seus arredores como se lá estivessem fisicamente presentes.



Permite que o usuário interaja com as noções de profundidade e perspectiva do ambiente em que se encontra.



Visa integrar de forma mais imersiva o mundo virtual em nossa realidade.



As produções em Virtualidade Aumentada ainda são consideravelmente recentes e muitas delas ainda não estão disponíveis ao grande público.

Imagem 6- Definição de Virtualidade Aumentada

Fonte: Autoral

# Visualização Arquitetônica e V.A.



Imagem 7- Virtualidade Aumentada na Visualização Arquitetônica  
Fonte:Autoral

CAPÍTULO 04

# REALIDADE VIRTUAL

# O que é Realidade Virtual?

A Realidade Virtual é, segundo Jerald (2015), um ambiente digital gerado computacionalmente com o uso de alta tecnologia no intuito de convencer o usuário de que ele se encontra numa realidade distinta, que pode ser vivenciada de forma interativa como se fosse real. Diferente da Realidade Aumentada e da Virtualidade Aumentada, que atuam sobrepondo e inserindo, respectivamente, elementos virtuais no mundo físico, na Realidade Virtual é o usuário que vai ao mundo digital.

Sultan (2022) aponta três tipos distintos de Realidade Virtual baseados a partir do grau de imersividade propiciada ao usuário: Realidade Virtual Não-Imersiva, Semi-Imersiva e Imersiva. Num mundo virtual não-imersivo, o usuário interage com o ambiente controlando um avatar ou personagem que realiza as atividades no seu lugar. Já, numa instância de Realidade Virtual Semi-Imersiva, o usuário insere-se num contexto digital, mas é apenas capaz de se movimentar limitadamente e visualizar o espaço ao seu redor. A Realidade Virtual Imersiva, por sua vez, visa proporcionar ao usuário a experiência virtual mais realista possível, fazendo com que ele sintasse fisicamente presente no mundo digital, interagindo livre e diretamente com os eventos e elementos que constituem o mundo em que se insere.

## REALIDADE VIRTUAL

Utiliza de tecnologia para inserir o usuário num contexto completamente virtual



### REALIDADE VIRTUAL NÃO-IMERSIVA

O usuário interage com o ambiente virtual controlando um avatar ou personagem que realiza as atividades no seu lugar.



### REALIDADE VIRTUAL SEMI-IMERSIVA

O usuário insere-se num contexto digital, mas é apenas capaz de se movimentar limitadamente e visualizar o espaço ao seu redor.



### REALIDADE VIRTUAL IMERSIVA

Proporciona ao usuário a experiência virtual mais realista possível, fazendo com que ele se sintasse presente num mundo digital interativo.

Imagem 8- Tipos de Realidade Virtual

Fonte:Autorial

# Visualização Arquitetônica e R.V.

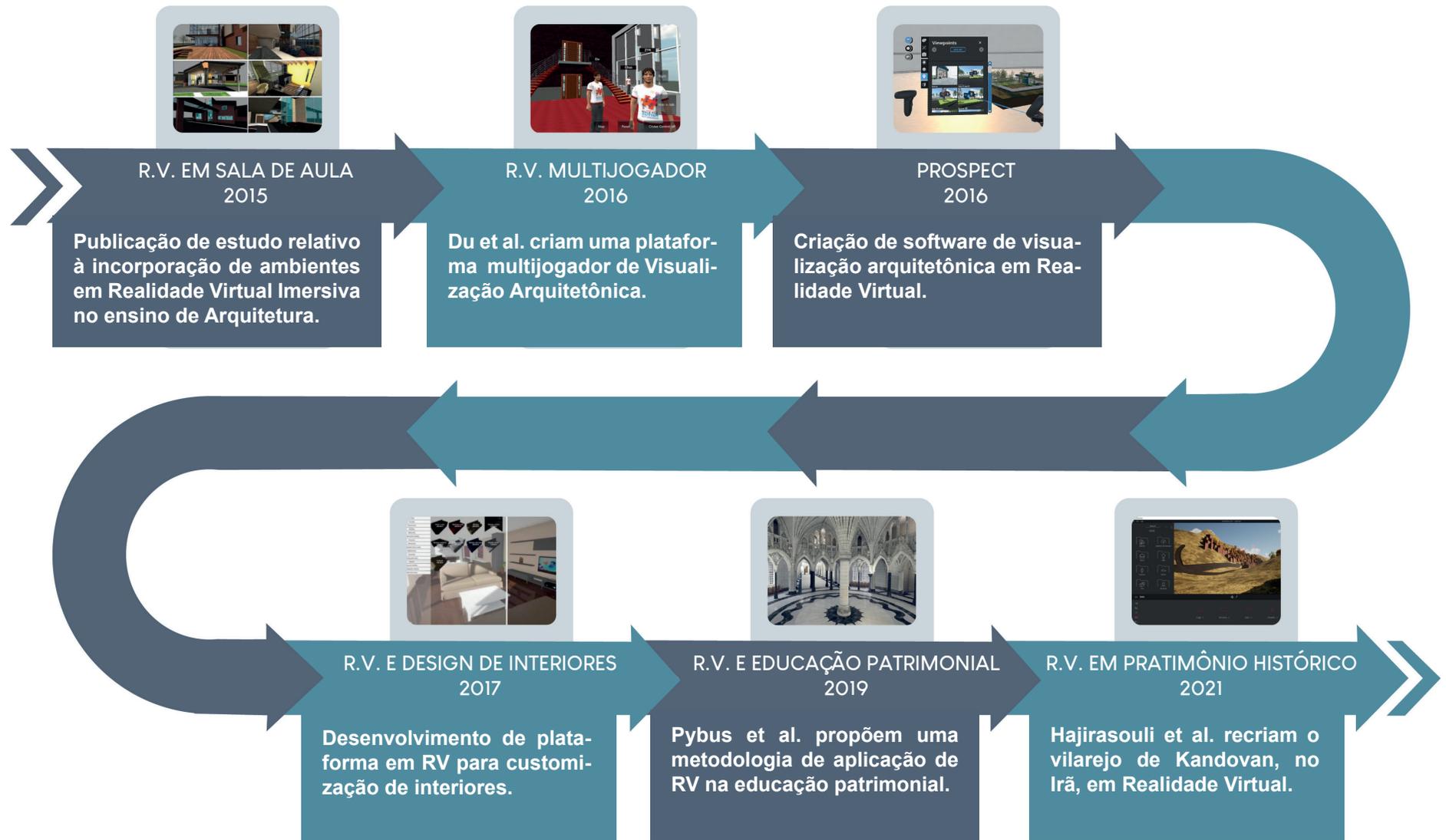


Imagem 9- Realidade Virtual na Visualização Arquitetônica

Fonte:Autoral

