



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL REI
CAMPUS ALTO PARAOPÉBA
ENGENHARIA CIVIL**

**LUCAS HENRIQUE BANDEIRA SILVA
MATHEUS GONÇALVES VILLELA CIOTTI**

**REALIDADE VIRTUAL EMPREGADA NA IMPLANTAÇÃO DE UM
PROJETO ARQUITETÔNICO RESIDENCIAL**

**OURO BRANCO
2022**

**LUCAS HENRIQUE BANDEIRA SILVA
MATHEUS GONÇALVES VILLELA CIOTTI**

**REALIDADE VIRTUAL EMPREGADA NA IMPLANTAÇÃO DE UM
PROJETO ARQUITETÔNICO RESIDENCIAL**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de São João del-Rei *Campus* Alto Paraopeba como requisito à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Mariana Arruda Pereira.

**OURO BRANCO
2022**

Ficha catalográfica elaborada pela Divisão de Biblioteca (DIBIB) e Núcleo de Tecnologia da Informação (NTINF) da UFSJ, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

B214r

Bandeira, Lucas.

Realidade virtual empregada na implantação de um projeto arquitetônico residencial./ Lucas Bandeira; Matheus Villela; orientadora Mariana Arruda. — Ouro Branco, MG, 2022.
42 p.

Trabalho de Conclusão (Graduação – Engenharia Civil) –Universidade Federal de São João del-Rei, 2022.

1. Realidade virtual 2. Realidade aumentada 3. Formatos de apresentação de realidade virtual e realidade aumentada 4. Aplicação da realidade virtual em projetos arquitetônicos 5. Estudo de caso de tour virtual em uma casa de campo I. Villela, Matheus. II. Arruda, Mariana, orient. III. Título.

TERMO DE APROVAÇÃO

**LUCAS HENRIQUE BANDEIRA SILVA
MATHEUS GONÇALVES VILLELA CIOTTI**

REALIDADE VIRTUAL EMPREGADA NA IMPLANTAÇÃO DE UM PROJETO ARQUITETÔNICO RESIDENCIAL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Graduação em Engenharia Civil, da Universidade Federal de São João del-Rei, Campus Alto Paraopeba, como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em: Ouro Branco, 01 de julho de 2022.

COMISSÃO EXAMINADORA:

Professora Orientadora Dr^a. Mariana Arruda Pereira

Professor de Engenharia Civil Dr^o. Emmanuel Kennedy da Costa Teixeira

Professor de Engenharia Civil Dr^o. Leandro Neves Duarte

EPÍGRAFE

“Quando você inova, você comete erros. O melhor a fazer é admitir eles rapidamente e passar a melhorar suas outras inovações.”.
Steven Jobs

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradecemos os nossos familiares que sempre motivaram e abriram caminhos para que essa experiência fosse ainda mais valiosa. Em especial os nossos pais Maria da Glória Gonçalves, Flávio Agostinho Ciotti, Wandherleia Luciane Bandeira Silva e Ivanir Oliveira Silva que sempre foram os principais incentivadores para essa jornada

Aos nossos amigos e colegas de turma que se fizeram presentes em cada etapa desta trajetória.

À nossa orientadora Prof.^a Dr.^a Mariana Arruda Pereira que se empenhou em nos mostrar os caminhos para obter a melhor qualidade e experiência dentro do curso de Engenharia Civil.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Triângulo de Realidade Virtual.....	15
Figura 2 - Equipamento “Sensorama Machine” década de 1950	16
Figura 3 - Patente do Equipamento “Sensorama Machine” realizada em 1962.....	16
Figura 4 - Patente do “Telesphere Mask” realizada em 1960	17
Figura 5 - Patente do “Telesphere Mask” realizada em 1960	17
Figura 6 - Evolução de documentos com termo “Virtual Reality” na plataforma Scopus	18
Figura 7 - Documentos por área de assunto com termo “Virtual Reality” na plataforma Scopus.....	19
Figura 8 - Visualização da Estrutura aplicada no canteiro de obras utilizando a Realidade	20
Figura 9 - Poltrona aplicada no ambiente a partir da utilização de Realidade Aumentada	20
Figura 10 - Displays Visualmente Acomplados	22
Figura 11 - Holograma	23
Figura 12 - Luvas Hápticas.....	23
Figura 13 - Comparação entre as imagens Virtuais e Reais do “Castelo de Dudley”	24
Figura 14 - <i>Tour Virtual Egito Antigo - do cotidiano à eternidade - CCBB – RJ realizado pelo Software 3DVista</i>	25
Figura 15 - Cena de fachada externa concebida através do <i>SketchUp</i>	27
Figura 16 - Imagem concebida no <i>SketchUp</i> e Renderizada no <i>Lumion</i>	28
Figura 17 - Visualização da Av. República do Chile, 65, Rio de Janeiro mostrando o Edifício Sede da Petrobras (EDISE) através do <i>Google Street View</i>	29
Figura 18 - Visualização interna do Teatro Municipal do Rio de Janeiro através do <i>Google Street View</i>	29
Figura 19 - <i>Tours Virtual</i> do Museu de Valores – Banco central apresentado com um menu completo e com ícones clicáveis contendo informações sobre o que está sendo exibido	30
Figura 20 - <i>Tours Virtuais</i> em E-Learning, Treinamento com Questionário para os visitantes e pontuação na área de Medicina	30
Figura 21 - Renderização do modelo estudado no formato Panorama 360°	31
Figura 22 - Menu de projeto do programa 3DVista	32
Figura 23 - Criação do Menu lateral.....	32
Figura 24 - Aba de criação e posicionamento dos objetos de interação.....	33
Figura 25 - Parte das opções de setas	33
Figura 26 - Aba de exportação do 3DVista	34
Figura 27 - Visualização final do <i>Tour Virtual</i> com o menu lateral.....	35
Figura 28 - Projeto arquitetônico pelo método tradicional.....	37
Figura 29 - Projeto arquitetônico pelo método inovador.....	38

RESUMO

A evolução constante das tecnologias e metodologias no âmbito da construção civil é bastante perceptível. Algumas das inovações que vem sendo empregadas no mercado são a Realidade Aumentada (RA) e a Realidade Virtual (RV), estes conceitos vem transformando o segmento no parâmetro construtivo e comercial. O presente trabalho contempla o surgimento destas tecnologias, como a aplicação e apresentação da Realidade Virtual em um projeto arquitetônico residencial através de um *Tour Virtual*, comparação entre métodos tradicionais e apresentações realizadas com as novas tecnologias, apresentação dos *softwares* de renderização e de Realidade Virtual.

Palavras-chave: Realidade virtual; *Tour Virtual*; Projeto arquitetônico; Realidade aumentada; Construção civil; Tecnologia.

ABSTRACT

The constant evolution of technologies and methodologies in the field of civil construction is quite noticeable. Some of the innovations that have been used in the market are Augmented Reality (AR) and Virtual Reality (VR), these concepts have been transforming the segment into a constructive and commercial parameter. The present work contemplates the emergence of these technologies, such as the application and presentation of Virtual Reality in a residential architectural project through a Virtual *Tour*, comparison between traditional methods and presentations made with new technologies, presentation of rendering *software* and Virtual Reality.

Keywords: Virtual reality; Virtual *Tour*; Architectural project; Augmented reality; Construction; Technology.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 JUSTIFICATIVA	12
1.2 OBJETIVOS	13
1.2.1 Objetivo principal	13
1.2.2 Objetivos específicos	13
1.3 METODOLOGIAS EMPREGADAS PARA DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1 REALIDADE VIRTUAL	15
2.2 REALIDADE AUMENTADA	19
2.3 FORMATOS DE APRESENTAÇÃO DA RA E RV	21
2.3.1 Fomatos Visuais	21
2.3.2 Formatos Holográficos	22
2.3.3 Formatos Físicos	23
2.3.4 <i>Tour</i> Virtual	24
2.4 APLICAÇÃO DA REALIDADE VIRTUAL EM PROJETOS ARQUITETÔNICO ..	25
2.4.1 <i>Softwares</i> de Modelagem 3D	26
2.4.2 <i>Softwares</i> de Renderização	28
2.4.3 <i>Softwares</i> de <i>Tours</i> Virtuais	28
2.4.3.1 <i>Google Street View</i>	28
2.4.3.2 3DVista	29
3 ESTUDO DE CASO	31
4 RESULTADOS	36
4.1 IMPACTO DA RV NA APRESENTAÇÃO DE PROJETOS ARQUITETÔNICOS ..	36
4.2 COMPARAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS TRADICIONAIS E <i>TOUR</i> VIRTUAIS ..	37
5 CONCLUSÃO	39
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40

1 INTRODUÇÃO

Com uma competitividade afiada e desafiadora no mercado, os profissionais da construção civil buscam incansavelmente um modo de otimizar seu tempo, sua qualidade e reduzir custo. O mundo moderno traz consigo uma infinidade de possibilidades e muito disso é consequência das tecnologias e metodologias que estão em constante e crescente movimento.

Se considerarmos que a tecnologia envolve o estudo e o domínio de processos, métodos, materiais, equipamentos e capacitação profissional de uma atividade humana, podemos dizer que a inovação é uma característica natural e necessária da construção civil, sendo a responsável por sua constante evolução. Foi a inovação tecnológica que permitiu a construção de edifícios cada vez mais altos, complexos e seguros (SANTIN apud BELGO BEKAERT ARAMES, 2018).

As inovações que incentivam a otimização na apresentação dos projetos arquitetônicos contêm duas matrizes que chamamos de Realidade Aumentada (RA) e Realidade Virtual (RV). Conforme Jerald (2015) a “Realidade Virtual é definida como um ambiente digital gerado computacionalmente que pode ser experienciado de forma interativa como se fosse real”. Já a “Realidade Aumentada é a inserção de objetos virtuais no ambiente físico, mostrada ao usuário, em tempo real, com o apoio de algum dispositivo tecnológico, usando a interface do ambiente real, adaptada para visualizar e manipular os objetos reais e virtuais” (KIRNER, C.; KIRNER T.G., 2008).

O estudo realizado por este trabalho engloba na prática e demonstra detalhadamente uma apresentação de um projeto arquitetônico quando utilizado a tecnologia de RV. Também apresenta o diferencial da tecnologia quando comparada a métodos tradicionais, visto que, há aspectos de fidelidade citados por Jerald (2015) que são:

- Representação - Nível de qualidade da simulação de um ambiente, podendo chegar ao fotorrealismo.
- Interação - Grau de similaridade entre as reações físicas no ambiente virtual e suas correspondentes no mundo real.
- Experiência - Grau de similaridade entre a experiência do usuário no ambiente virtual e que teria no correspondente ambiente real.

1.1 JUSTIFICATIVA

Para parametrizar e determinar o quão grande é o diferencial para um profissional apresentar um projeto arquitetônico através da RV, é necessário conhecer a tecnologia e vivenciar a experiência de imersão causada por ela. A imersão citada pode ser definida como “quão preciso determinado sistema computacional é ao prover ao usuário a ilusão de uma realidade diferente daquela na qual este se encontre, ou seja, é o nível objetivo em que um sistema de RV envia estímulos aos receptores sensoriais do usuário” (SLATER; WILBUR, 1997, p. 34).

No estudo deste trabalho em específico, ou seja, para apresentação de projetos arquitetônicos, foi utilizado o meio óptico, onde baseia-se em óculos chamados de Head Mounted Displays (HDM), ou em português, telas visualmente acoplados. Nestes aparelhos, o usuário obtém a visão máxima das imagens diretamente deste dispositivo HDM que acompanha os movimentos do usuário. Esta tecnologia consegue detectar os movimentos gerados pela cabeça do usuário e emitem sons em estéreo que auxiliam na imersão do usuário no mundo virtual (JUNQUEIRA, 2021).

O estudo desenvolvido e apresentado neste documento visa estabelecer e comparar dentro do mercado de trabalho a metodologia tradicional e a inovadora. Não apenas em projetos arquitetônicos que transmite ao cliente uma experiência antes mesmo de finalizar a construção, mas a Realidade Virtual pode ser empregada em diversas formas e formatos.

Estas aplicações permitem a avaliação de vários aspectos de importância relevante no projeto como correção de problemas de estrutura, saídas de emergência, sistemas elétricos, hidráulicos entre outros (WEISS, 1996).

Por isso, este trabalho irá demonstrar detalhadamente na prática através de um projeto arquitetônico a imersão causada pela RV, o seu impacto comparado a um projeto convencional, como os clientes que querem construir conseguem visualizar a dimensão, os materiais e localização de móveis dentro do ambiente, e por meio de estudos como podem ser aplicados e implementados dentro das empresas do seguimento.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo principal

Este trabalho tem como objetivo principal apresentar e analisar o potencial da tecnologia de Realidade Virtual empregada na implantação de um projeto arquitetônico residencial.

1.2.2 Objetivos específicos

Para complementar o objetivo principal deste estudo é necessário apresentar os objetivos específicos:

- Demonstrar os *softwares* utilizados para desenvolver um *tour* virtual em apresentações de projetos arquitetônicos.
- Comparar a apresentação de projetos arquitetônicos concebidos em RV e o método tradicional.
- Apresentar a aplicação da realidade virtual em empresas do seguimento de projetos arquitetônicos.
- Impacto e diferencial causado no mercado quando se utiliza RV em apresentação de projetos arquitetônicos.

1.3 METODOLOGIAS EMPREGADAS PARA DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

O projeto alvo de estudo deste trabalho de conclusão de curso é uma cena do programa *Lumion*, visto que, o objetivo principal deste trabalho não é modelar algo do zero, e sim mostrar uma modelagem se transformando em um ambiente imersivo através da Realidade Virtual.

O *Lumion* contém cenas gratuitas em sua interface e colaborou com a equipe desenvolvedora do trabalho para com seus resultados. O projeto apresenta uma casa de campo genérica obtida de forma gratuita pelo *software* para estudantes *Lumion*, sendo assim, a residência é elaborada para meios de estudo e não contém localização.

Para apresetação do projeto, de forma a aplicar a Realidade Virtual, foi confeccionado um *Tour* Virtual a partir das imagens obtidas de dentro do *Lumion*. Para realização do *tour* foi

utilizado o *software* 3D Vista, programa especializado e com grande abrangência de ferramentas nesta área.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 REALIDADE VIRTUAL

A realidade virtual pode ser definida como um ambiente onde uma realidade é criada através de *hardwares* e *softwares* que simulam um ambiente. Segundo o autor Jerald, 2015 a “Realidade Virtual é definida como um ambiente digital gerado computacionalmente que pode ser experienciado de forma interativa como se fosse real”.

A imersão é um ponto chave para que a realidade virtual seja criada, dessa forma a tecnologia deve estimular ao menos um dos cinco sentidos humanos, sendo que quanto maior a quantidade de sentidos forem utilizados melhor é a imersão do usuário dentro da realidade virtual. (REBELO, 1999).

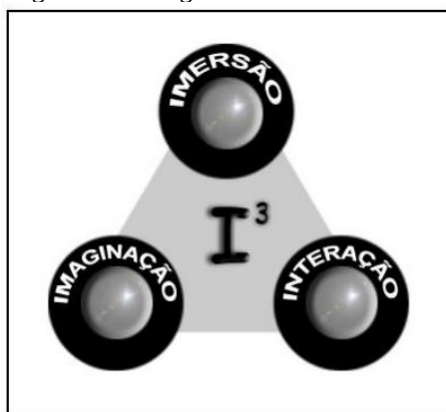
Porém outros autores (LUZ, 1997; WEISS, 1996 *apud* REBELO, 1999) apresentam que para que a experiência em Realidade Virtual seja válida além da Imersão, também devem estar presentes a Interação e Imaginação, formando o chamado “Triângulo de Realidade Virtual” (Figura 1).

Imersão: Proporciona ao usuário a sensação de que ele realmente inserido através da liberdade da visão em 360°, de forma que ao movimentar a cabeça pode-se escolher o ângulo de visão.

Interação: Proporciona ao usuário uma ligação com a realidade que está inserido, mostrando que o usuário pode realizar ações como criar sua própria rota, interagir com objetos ou pessoas presentes na realidade virtual.

Imaginação: Proporciona ao usuário estímulos das sensações dentro da realidade virtual, como a pessoa sentir enjoo em simulação de montanha-russa.

Figura 1 - Triângulo de Realidade Virtual



Fonte: (REBELO, 1999).

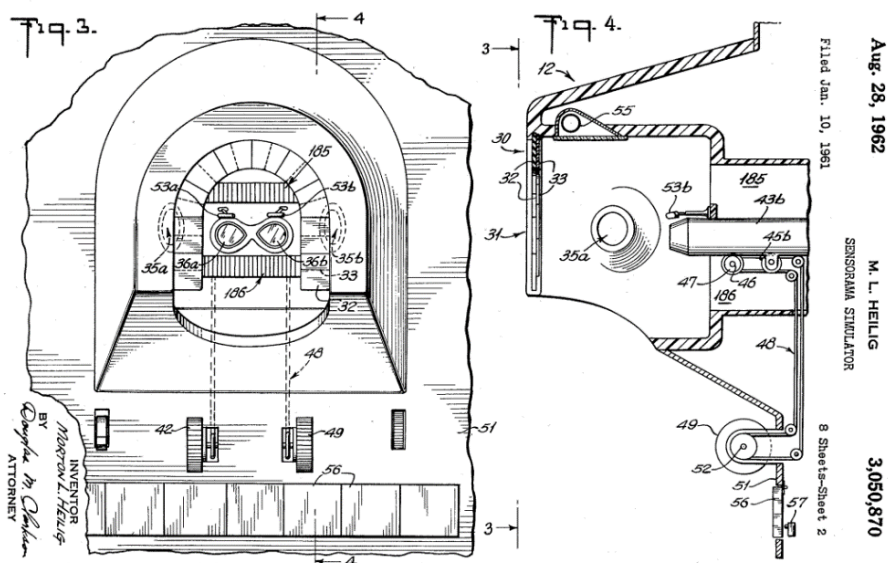
Apesar de parecer se tratar de um estudo recente, que só foi pensado apenas com o avanço da tecnologia, a realidade virtual surgiu a muitos anos atrás, na década de 1950, com o cineasta Morton Heilig que produziu o primeiro protótipo com imersão dos sentidos humanos da história, que recebeu o nome de “Sensorama Machine” (Figura 2 e 3) (TORI; HOUNSELL, 2018).

Figura 2 - Equipamento “Sensorama Machine” década de 1950



Fonte: (HEILIG, 1955).

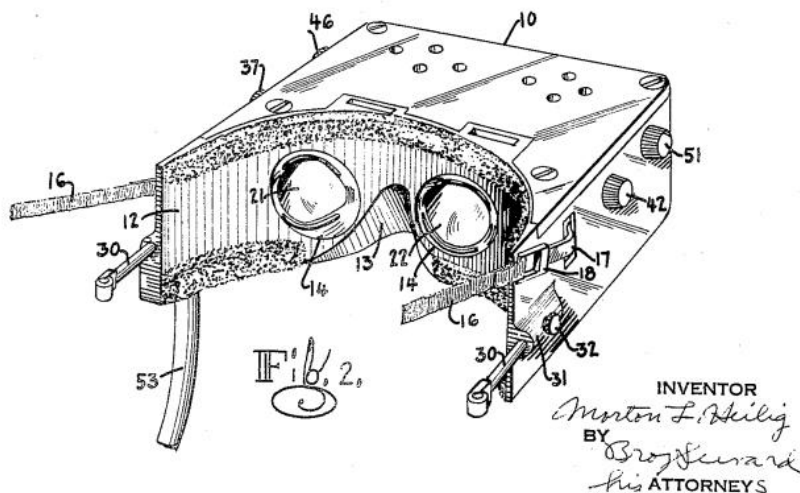
Figura 3 - Patente do Equipamento “Sensorama Machine” realizada em 1962



Fonte: (HEILIG, 1960)

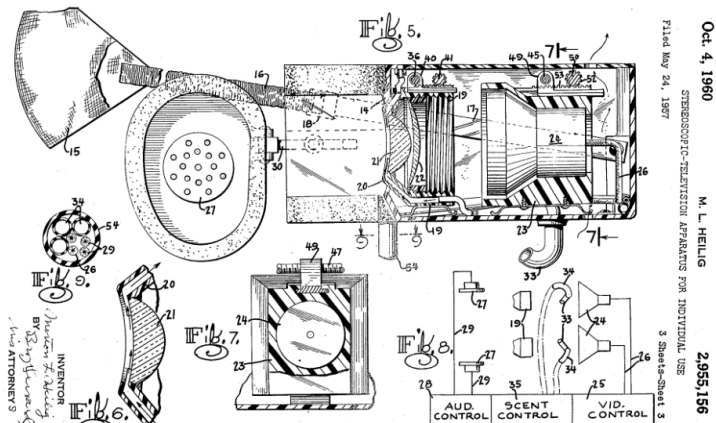
Além do Sensorama, Morton também produziu “Telesphere Mask”, que seria uma espécie de óculos de realidade virtual, patenteada em 1960 (Figuras 4 e 5). A ideia era produzir algo que fosse mais portátil e manuseável que a invenção anterior (HEILIG, 1960).

Figura 4 - Patente do “Telesphere Mask” realizada em 1960



Fonte: (HEILIG, 1960)

Figura 5 - Patente do “Telesphere Mask” realizada em 1960



Fonte: (HEILIG, 1960).

Apesar de Morton Heilig e outros inventores trabalharem com propostas e aparatos que foram os propulsores da realidade virtual, o termo em si, foi criado apenas na década 1980, pelo artista e cientista Jaron Lanier, que foi capaz de apresentar a nomenclatura que está em uso até os dias de hoje (BIOCCA; LEVY, 1995 *apud* TORI; HOUNSELL, 2018).

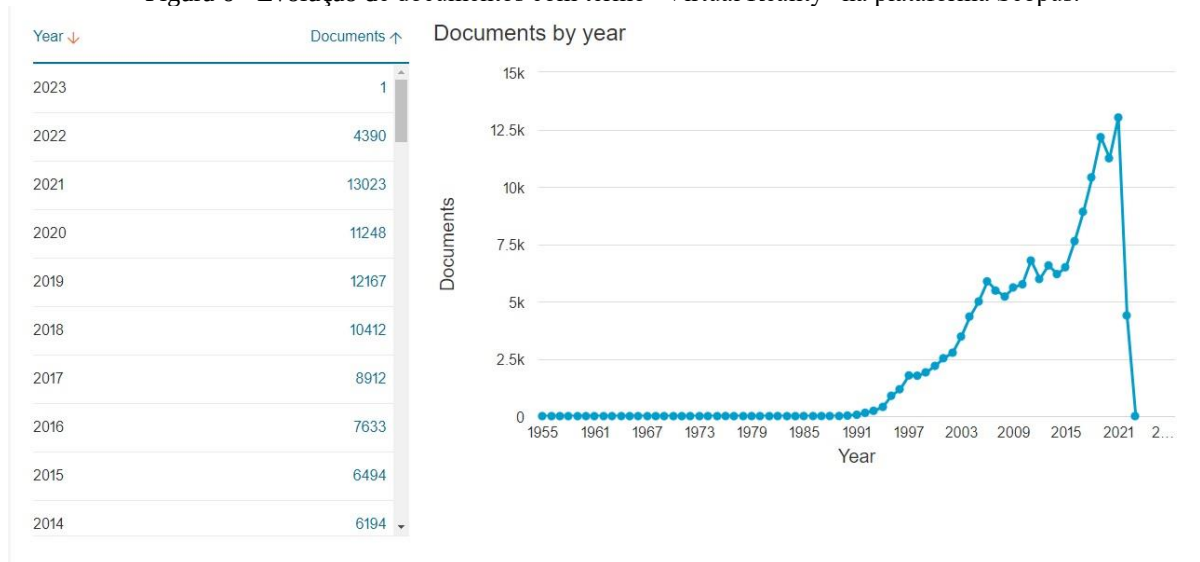
Os ambientes virtuais que antes eram encontrados apenas em salas de laboratórios de tecnologia avançada, atualmente podem ser visualizados diretamente dos celulares. Em seus modelos mais novos houve a adição de processadores e sensores que permitem além de

processar a realidade diretamente na tela, simular o que antes seria possível apenas com os capacetes de realidade virtual, para isso é necessário um suporte de plástico ou papelão para acessar a experiência imersiva, tudo isso com alta qualidade e com um custo relativamente baixo. Apesar dos avanços terem beneficiado a evolução de todo o setor de realidade virtual, os conceitos apresentados por trás das novas tecnologias são similares aos que os autores das gerações passadas descreveram (TORI; HOUNSELL, 2018).

A tendência é que esse mercado aumente a velocidade de crescimento, já pode-se notar a movimentação das grandes empresas como Disney, Nike, Walmart e Adidas em entrar na realidade virtual. Um dos grandes exemplos foi a troca de nome da empresa Facebook Inc. para “Meta”, a dona do Instagram e do WhatsApp, migrou o nome em busca de um maior posicionamento dentro desse universo virtual (SCHOCH, 2021).

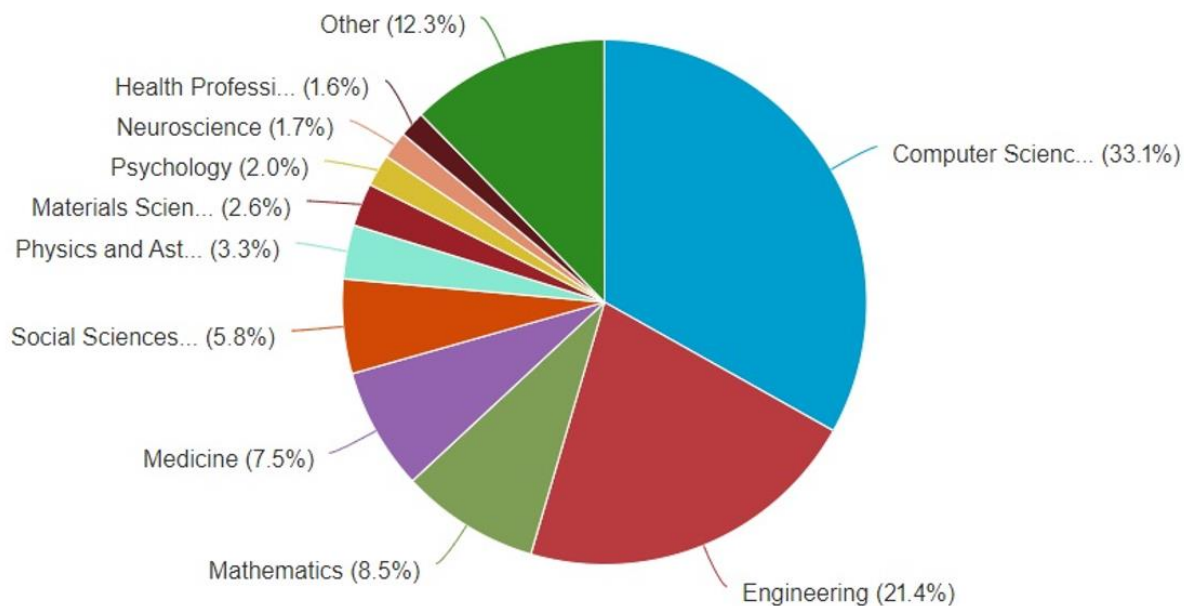
Popular não só entre as empresas, a realidade virtual vem em uma crescente também no número de publicações da área tecnológica e em pesquisas, como apresentado nos Figuras 6 e 7, que mostra o número de documentos encontrados na pesquisa do termo “Virtual Reality” na plataforma Scopus. Onde também é possível observar que o ano 2022 não tem dados coletados, visto que, é o ano vigente da elaboração deste documento.

Figura 6 - Evolução de documentos com termo “Virtual Reality” na plataforma Scopus.



Fonte: Plataforma Scopus (2022)

Figura 7 – Documentos por área de assunto com termo “Virtual Reality” na plataforma Scopus.



Fonte: Plataforma Scopus (2022)

2.2 REALIDADE AUMENTADA

De acordo com (ANTONIAC, 2005) o conceito de Realidade Aumentada (RA) foi utilizado pela primeira vez em um artigo publicado em 1992 pelos autores Thomas Caudell e David Mizell. O termo surgiu para facilitar a compreensão de manuais e mecanismos na fabricação de aviões. Anos depois a tecnologia está sendo aplicada em diversos mercados e com grande expectativa de crescimento para os próximos anos.

Apesar de serem termos que muitas vezes são empregados sendo iguais a Realidade Virtual e a Realidade Aumentada apresentam definições diferentes. Enquanto a RV define sobre a imersão do usuário dentro de um ambiente virtual, a RA apresenta a inserção de objetos virtuais no ambiente físico (TORI, HOUNSELL, 2018).

A ideia da Realidade Aumentada é que esses objetos virtuais sejam apresentados para o usuário, em tempo real, utilizando as interfaces de algum dispositivo tecnológico que consiga realizar a união entre o mundo digital com ambiente real, oferecendo uma grande quantidade aplicações, devido ao alto grau de interatividade (KIRNER, C.; KIRNER T.G., 2008).

Atualmente as áreas de engenharia e arquitetura são consideradas duas das principais vertentes que essa tecnologia pode impactar, muito disso por conta dos avanços referentes aos smartphones. A partir de aplicativos que utilizam as câmeras e simuladores 3D é possível

visualizar prédios em escala real inseridos nos canteiros de obra e ter uma prévia de como ficaria com a obra terminada, tudo através da tela do telefone (ITO, AFFINI, 2011).

Figura 8 - Visualização da Estrutura aplicada no canteiro de obras utilizando a Realidade



Fonte: (Revistas Grandes Construções, 2022).

A incorporação de decoração nos cômodos é outra aplicação da Realidade Aumentada, de forma que é possível realizar toda análise de *designer* do ambiente real, incluindo cores de paredes, posicionamento de móveis, verificação de dimensões, entre outras variações (ITO, AFFINI, 2011).

Figura 9 - Poltrona aplicada no ambiente a partir da utilização de Realidade Aumentada



Fonte: (MARTINELLI, D.; OLIVEIRA, J.; 2017).

Com a evolução da capacidade de processamento dos dispositivos, velocidade de navegação na internet, e popularização dessas tecnologias a tendência que cada vez vejamos

elas sendo utilizadas em aplicativos e atividades do dia a dia, além das possibilidades de uniões futuras com outras tecnologias. "Inteligência Artificial, Percepção Semântica, Internet das Coisas, são recursos que se integrarão à RA promovendo experiências cada vez mais significativas e relevantes para os usuários" (TORI, HOUNSELL, 2018).

2.3 FORMATOS DE APRESENTAÇÃO DA RA E RV

Através das palavras de Fialho (2018), que diz que a Realidade Virtual é baseada na formação de ambientes virtuais interativos, os quais são criados no intuito que os usuários não consigam diferenciar o real do virtual. A Realidade Aumentada, entretanto, não transporta os usuários à mundos alternativos, mas insere o virtual na realidade do cotidiano.

O trabalho foi desenvolvido para retratar e descrever como a Realidade Virtual impacta nas apresentações de Projetos Arquitetônicos, e também explicar não detalhadamente a outra matriz conhecida como Realidade Aumentada. Para usufruir dessas tecnologias e conceitos, é necessário além de *softwares*, equipamentos específicos para realidade virtual. Neste tópico é demonstrado alguns tipos de formatos em que se podem utilizar da RA e da RV em seguimentos que se diferem.

2.3.1 Fomatos Visuais

Os chamados *Head Mounted Displays (HDM's)*, que em sua tradução quer dizer, Displays Visualmente Acoplados, é um instrumento óptico. Nestes aparelhos, o usuário obtém a visão máxima das imagens diretamente deste dispositivo *HDM* que acompanha os movimentos do usuário. Esta tecnologia consegue detectar os movimentos gerados pela cabeça do usuário e emitem sons em estéreo que auxiliam na imersão do usuário no mundo virtual (JUNQUEIRA, 2021).

Estes aparelhos se tornaram no decorrer da sua existência instrumentos com custo benefício, podendo ser encontrado no mercado de maneira fácil e acessível. Visto que, pode ser feito com papelão e plásticos de baixo custo. Com isso, pessoas curiosas, estudantes, escritórios e projetistas de baixo porte, conseguem implantar isso em seu trabalho ou em seu entreterimento com facilidade. Neste trabalho o estudo observado foi concebido através de *HMD*, e a justificativa desta escolha se dá pelo custo benefício e pela facilidade de encontrar estes aparelhos no mercado, podendo este aparelho ser observado na Figura 10 abaixo:

Figura 10 - Displays Visualmente Acomplados



Fonte: Banco de Imagens Pexels (2022)

2.3.2 Formatos Holográficos

De acordo com os autores (BARCELLOS; MERCALDI; PINHEIRO; BOTURA JÚNIOR, 2015, p. 570) a holografia com seu efeito impactante se revelou uma ferramenta sofisticada e inovadora. Sua vantagem principal é a capacidade de reconstituir o tamanho, a forma e a tridimensionalidade de um objeto sendo possível perceber qualquer mudança, ainda que milimétrica em sua reprodução. Sua compreensão e aplicação se destinam a inúmeros produtos, inclusive os interativos, que se adequam a ambientes totalmente diversificados, resultando em uma tecnologia visual comunicacional de impressão metafísica, o que remete à imaginação do homem.

Este tipo de tecnologia e conceito é um formato da Realidade Aumentada de conseguir trazer o ambiente virtual ao real. É considerada também uma tecnologia ótica, que pode ser experienciada através de laser. Segundo o autor (PESSOA JR, 2015), no que se refere à sua aplicação, a técnica de projeção de um holograma consiste principalmente do armazenamento tridimensional de todas as informações de uma imagem. Uma das maneiras de reproduzi-la é gravar o holograma por um feixe de luz do tipo raio laser, e dividi-lo em dois componentes. Um componente incide sobre o objeto tridimensional e é refletido na direção de uma placa fotográfica. Depois, outro feixe de laser é aplicado, mas fora do alcance do primeiro jato. É gerado o reflexo da imagem, pois o outro componente do feixe de luz será utilizado como referencial para interferir com o primeiro na chapa fotográfica. Obtém-se então a imagem 3D plana (BARCELLOS, MERCALDI, PINHEIRO, JÚNIOR, 2015, p. 574). Na Figura 11 abaixo

é possível observar um holograma que substituiu um elefante real nas apresentações do Circo Roncalli:

Figura 11 - Holograma



Fonte: Site Época negócios (2019).

2.3.3 Formatos Físicos

Nos formatos físicos é necessário que os usuários da tecnologia consigam e tenham uma boa percepção. Sendo este termo definido como “essencial para garantir o fluxo e a naturalidade do trabalho, assim como para diminuir as sensações de impessoalidade e distância, comuns nos ambientes digitais” (GEROSA; FUKS; LUCENA, 2003, p. 2).

Sendo um dos principais aparelhos deste formato o que chamamos de Luvas Hápticas, que é composta por botões de comando destinados a determinação das juntas a serem movimentadas, microprocessador Arduino Nano, acelerômetro, transmissor de radiofrequência e painel lcd. Todo o conjunto de componentes integrados à luva de forma a possibilitar ao usuário o controle e acompanhamento do estado do manipulador (SANTOS; BASTOS; NOVAIS, 2015) Podendo ser observada na Figura 12 abaixo:

Figura 12 - Luvas Hápticas



Fonte: Site Inovação tecnológica (2018).

2.3.4 Tour Virtual

A primeira aparição do termo *Tour* virtual foi na Inglaterra em 1994. O projeto que contou com a presença de Rainha Elizabeth II, tinha como objetivo apresentar uma reconstituição virtual (Figura 13) e interativa do monumento “Castelo de Dudley”, esse construído em 1550 (JOHNSON, 2010).

No ano seguinte, em 1995, foi a vez da famosa empresa americana Apple produzir um *software* denominado QuickTime Vr, que além de exibir fotos reais e imagens virtuais, conseguiu adicionar um controle que permitia visualizar as imagens na posição de escolha do usuário. Com movimentos para cima e para baixo, esquerda e direita, a partir de um cursor, foi possível uma visualização em 360° do material (CAVALIER; GROETELAARS, 2018).

Figura 13 - Comparação entre as imagens Virtuais e Reais do “Castelo de Dudley”



Fonte: (JOHNSON, 2010) (Adaptado).

Com o passar dos anos e os avanços das tecnologias a expressão *Tour* Virtual começou a ser utilizada para descrever apresentações que permitissem além da visualização 360° das imagens reais ou virtuais, a conexões entre elas, de forma que o usuário escolha o caminho que quer percorrer e com quais objetos ele quer interagir (SANTOS; AMORIM, 2010).

Figura 14 - *Tour Virtual Egito Antigo - do cotidiano à eternidade - CCBB – RJ* realizado pelo *Software 3DVista*.



Fonte: *Tour Virtual Egito Antigo*, (2022).

2.4 APLICAÇÃO DA REALIDADE VIRTUAL EM PROJETOS ARQUITETÔNICO

Com todas as inovações que o mundo moderno traz consigo, é necessário acompanhar essa evolução para ser competitivo no mercado. Para se aplicar a Realidade Virtual em Projetos Arquitetônicos Residenciais é ferido e executado através de *softwares* computacionais. Existem alguns *softwares* no mercado para cada etapa, sendo eles: *softwares* de modelagem 3D, *softwares* de renderização e *softwares* para execução de *tour* virtual.

Para se obter um projeto imersivo precisamos primeiramente modelar o projeto arquitetônico em que estamos provendo para a RV, e se faz o uso de *Softwares* de Modelagem 3D, nesta etapa todo o projeto é modelado de forma 3D contendo as dimensões, detalhes construtivos, móveis fixos e de decoração.

Um dos principais ganhos do *software* 3D se dá na elaboração do projeto, já que possibilita ao projetista e a quem vai executar a obra uma maior integração entre todas as especialidades envolvidas no projeto, gerando então uma redução dos erros causados por interferências entre as especialidades e consequentemente a diminuição dos desperdícios na hora da execução do mesmo (SILVA JUNIOR, FUKUSHIMA, LOPES, 2015).

Em sequência parte-se para a renderização do modelo tratado. Com os chamados *Softwares* de Renderização, é possível aplicar os materiais escolhidos e recomendados pelo engenheiro civil ou arquiteto responsáveis pelo projeto, definir a iluminação artificial e natural adequada para cada cômodo e fachada do projeto, a localização do sol, e em conjunto com diversas configurações tornar cada cena foto realista, gerando então com a renderização uma imagem de alta qualidade em formato Panorama de 360°. “A renderização é a atividade de geração de imagens ou vídeos por meio de um computador” (AKENINE-MÖLLER, HAINES, HOFFMAN, 2008).

Com as fotos realistas de alta qualidade em formato Panorama de 360° em mãos, aplicamos nos chamados *Softwares* para execução de *Tours* Virtuais, onde estes, conseguem converter todo o trabalho prévio em um cenário imersivo feito através de softwares computacionais. A transformação da imagem em algo interativo e concomitantemente utilizando o *HDM* o usuário consegue imergir dentro do ambiente. Com isso, ele consegue ir transitando através das imagens do local, verificando as dimensões, os materiais, todas as possibilidades de mudança para que seu projeto fique do jeito que deseja.

O primeiro experimento com a interface de *Tour* Virtual foi apresentado em 1994 por um projeto de passeio imersivo ao Castelo de Dudley na Inglaterra. Em 1995, é produzido o *software Quick Time VR* pela Apple. A revolução apresentada por este programa foi a possibilidade de interação na imagem, através do uso de um cursor para direcionar o foco, permitindo a movimentação da imagem em várias posições (HABEYCHE, 2012).

2.4.1 Softwares de Modelagem 3D

Existem diversos *softwares* de modelagem 3D para projetos arquitetônicos atualmente, os mais conhecidos são: *3ds Max*, *Revit*, *AutoCad 3D*, *SketchUp*, entre outros. O *software* em que vamos focar nossos estudos neste documento é o *SketchUp*, visto que, por ter uma versão estudante torna-se possível os estudos do presente Trabalho de Conclusão de Curso.

Há uma razão para o *SketchUp* ser sinônimo de *software* de modelos em 3D - ele é fácil de usar e tolerante: não sacrificamos a usabilidade em nome de funcionalidade. Comece desenhando linhas e formas. Empurre e puxe superfícies para transformá-las em formas em 3D. Alargue, copie, gire e pinte para fazer o que você quiser. (SKETCHUP, 2022).

Dentro do *SketchUp* contém ferramentas com atalhos para a criação, possibilitando você usufruir da sua imaginação concomitantemente seguindo uma linha lógica do que o cliente solicitou e almeja alcançar com a finalização da obra civil e tudo o que contempla o *design* de interiores de cada ambiente do projeto arquitetônico. Dentre estes atalhos, estão:

- Linha – L
- Arco – A
- Círculo – C
- Mover / Copiar – M
- Retângulo – R
- Puxar / Empurrar – P

- Zoom – Z
- Rotar – Q
- Panorâmica – H
- Orbital – O
- Pintura – B
- Borracha – E
- Fita Métrica – T
- Equidistância – F
- Retângulo – R
- Escala – S

Este *software* proporciona muitos benefícios aos usuários, e um dos principais, é sua biblioteca, onde contém blocos que compõem as cenas do projeto arquitetônico. Esta biblioteca é online e é chamada de *3D Warehouse*, onde seus próprios usuários colocam estes blocos de formas gratuitas para outros usuários.

Conhecendo suas funcionalidades o usuário consegue também fazer estudos de insolação com seu *plugin* de sombras, testar diversas texturas, dimensões e quaisquer outros materiais. Com isso, você consegue criar imagens e animações. Na Figura 15 abaixo pode-se observar uma imagem modelada através do *SketchUp*:

Figura 15 - Cena de fachada externa concebida através do *SketchUp*.



Fonte - Autoria própria

2.4.2 Softwares de Renderização

Como os *Softwares* de Modelagem 3D os *Softwares* de Renderização também vem crescendo bastante o número das opções dentro do mercado atual. Sendo os principais *Softwares* do seguimento: *Twinmotion*, *Revit*, *V-ray*, *Enscape*, *Lumion*, dentre outros. Por também conter versão estudante, ser didático e prático de se utilizar, o trabalho em questão utilizou o *software Lumion* para estudantes, afim de conceber as renderizações.

Com uma iluminação adequada, sombras nos locais certos, materiais configurados, as renderizações conseguem transmitir o foto realismo. Na Figura 16 abaixo é possível observar a Figura 15 renderizada:

Figura 16 - Imagem concebida no *SketchUp* e Renderizada no *Lumion*.



Fonte - Autoria própria

2.4.3 Softwares de Tours Virtuais

Existe uma grande quantidade de programas que se pode realizar a criação do *Tour Virtual*, as principais diferenças entre eles são em relação a finalidade, ao número de funcionalidades disponíveis e os valores a serem investidos. Neste trabalho serão apresentados os dois *softwares* mais populares na atualidade.

2.4.3.1 Google Street View

O *Google Street View* inicialmente foi criado para incrementar a ferramenta “*Google Maps*” (Serviço de pesquisa e visualização de mapas e imagens de satélite), com a ideia de exibir as ruas que constam no mapa em formato de imagens 360°, conseguindo assim ver o que tem em determinado endereço sem tem que ir no local (RIBEIRO, 2017).

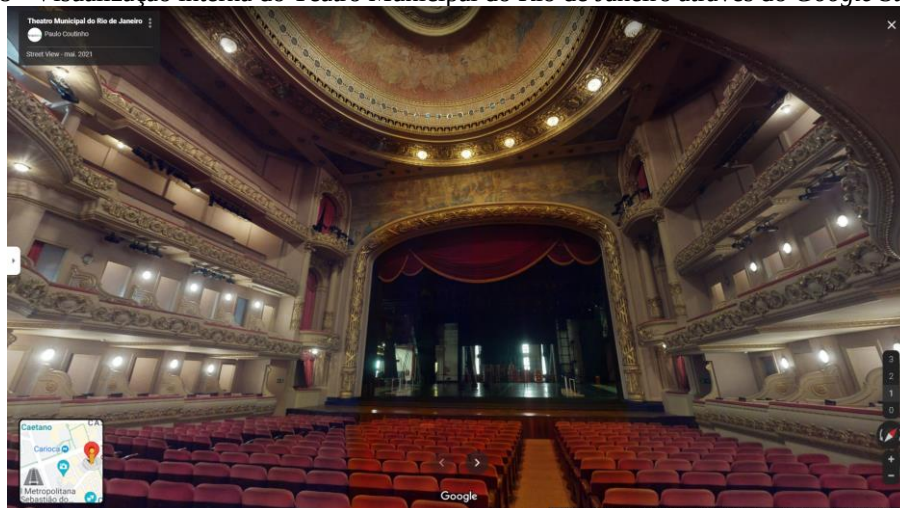
Em 2012 a ferramenta passou a oferecer visitas a estabelecimentos como museus, parques temáticos, cemitérios e monumentos históricos, aumentando a abrangência. Atualmente os usuários podem realizar essas fotos 360° de seus comércios, e adicionar para que seus clientes visitem o espaço sem sair de casa, tudo de forma gratuita (RIBEIRO, 2017).

Figura 17 - Visualização da Av. República do Chile, 65, Rio de Janeiro mostrando o Edifício Sede da Petrobras (EDISE) através do *Google Street View*.



Fonte: *Google Street View* (2022)

Figura 18 - Visualização interna do Teatro Municipal do Rio de Janeiro através do *Google Street View*.



Fonte: Foto de Paulo Coutinho no *Google Street View* (2022)

2.4.3.2 3DVista

Considerado um dos programas com maior qualidade, quantidade de funcionalidades, e liberdade de criação de menus, é a ferramenta utilizada para criação de *Tour Virtuais* mais complexos. Por esses motivos foi o *software* escolhido para realização deste trabalho (3DVISTA, 2022).

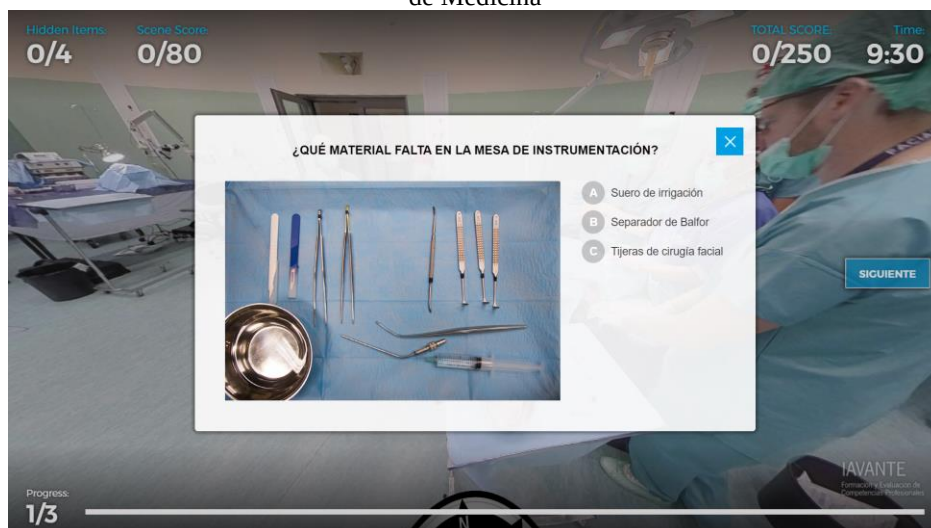
As funcionalidades que vão além de caminhar pelo local, o 3DVista apresenta grandes interações do usuário com o *Tour Virtual*, sendo possível adicionar ícones de informações em objetos, vídeos, menus que facilitam a navegação, cartões de perguntas ou questionários para aplicações na área da educação e outras muitas funcionalidades que a tornam uma ferramenta completa e com uma grande expectativa de evoluções futuras (3DVISTA, 2022).

Figura 19 - *Tours Virtual* do Museu de Valores – Banco central apresentado com um menu completo e com ícones clicáveis contendo informações sobre o que está sendo exibido



Fonte: (*Tour Virtual* Museu de Valores, 2022)

Figura 20 - *Tours Virtuais* em E-Learning, Treinamento com Questionário para os visitantes e pontuação na área de Medicina



Fonte – 3DVista (2022)

3 ESTUDO DE CASO

A residência do estudo de caso desse projeto pode ser definida como uma casa de campo, situada em meio à arborização e distante do centro urbano. Contém piscina com borda infinita, pitfire para descanso, uma suíte, um banheiro social, uma sala de estar em conceito aberto com a cozinha tudo isso concebido em dois pavimentos.

Com uma área de aproximadamente 130 m², pode-se notar que é um projeto de elevado padrão, sendo necessário um maior poder de investimento para sua construção.

Para criar o *tour* virtual, é realizado inicialmente as imagens no formato Panorama 360°, podendo ser observado uma renderização deste tipo na Figura 21 abaixo:

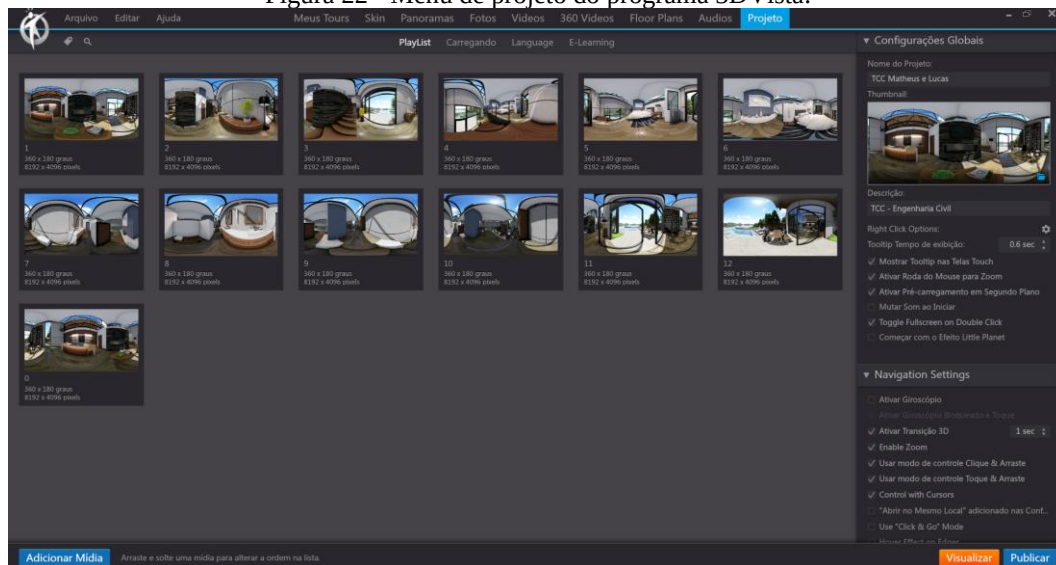
Figura 21 - Renderização do modelo estudado no formato Panorama 360°.



Fonte - Autoria própria.

Para uma a melhor sensação do usuário as fotos foram retiradas a 1,70 m do chão, e com distâncias de 2,00 m entre cada uma. Com todas os panoramas 360° em mãos, foi feito o *upload* dos arquivos no *software* 3Dvista (Figura 22). Logo em seguida foi realizado a organização das nomeclaturas das fotos, manutenção da qualidade e do ângulo de abertura.

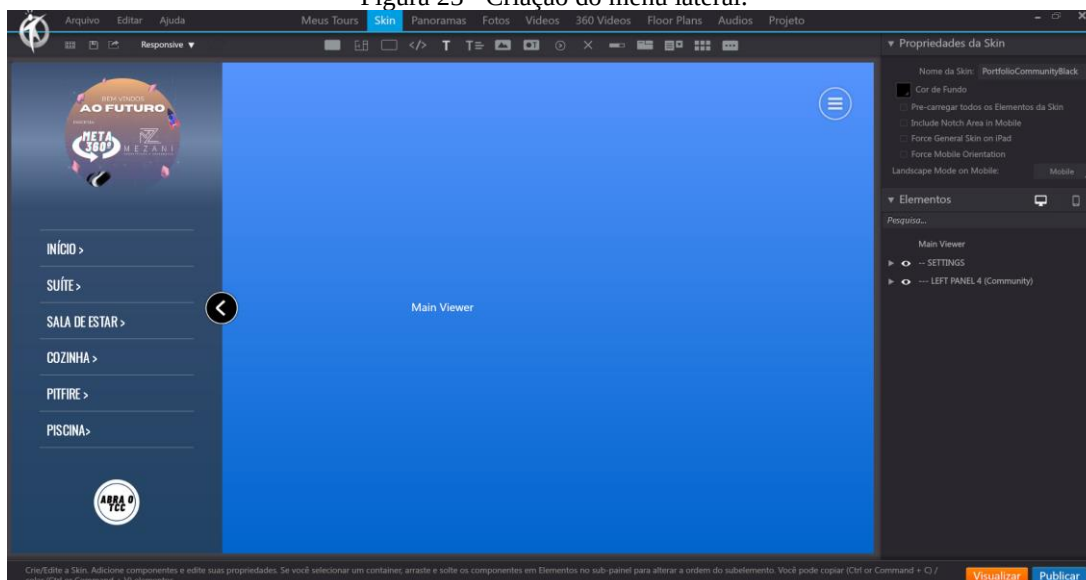
Figura 22 - Menu de projeto do programa 3DVista.



Fonte - Autoria própria.

Com todos os arquivos já nos programas, partiu-se para configuração do menu lateral do *Tour* (Figura 23), que é exibido para facilitar a navegação em dispositivos celulares e computadores. O programa 3DVista apresenta modelos de *skin* pré definidas para facilitar a criação, mas todas as funcionalidades e *layouts* é de escolha do projetista.

Figura 23 - Criação do menu lateral.



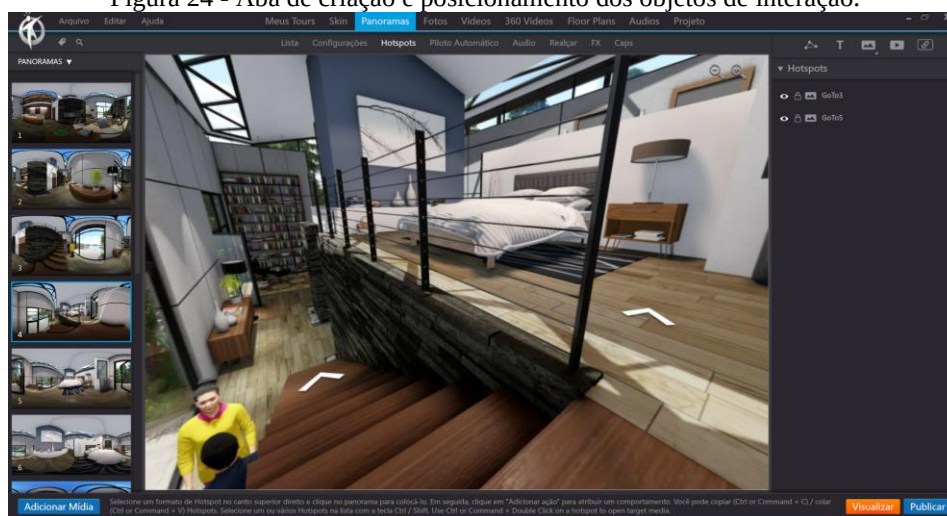
Fonte - Autoria própria.

Após toda a montagem do menu é o momento de realizar a conexão entre as fotos, de forma que o usuário possa interagir diretamente com o projeto, decidindo o trajeto que será adotado. Sendo um dos principais processos na motagem do *Tour*, a adição dos botões de

interação. Colaboram diretamente com a imersão do usuário, ponto chave para a criação da Realidade Virtual, como citado na bibliografia.

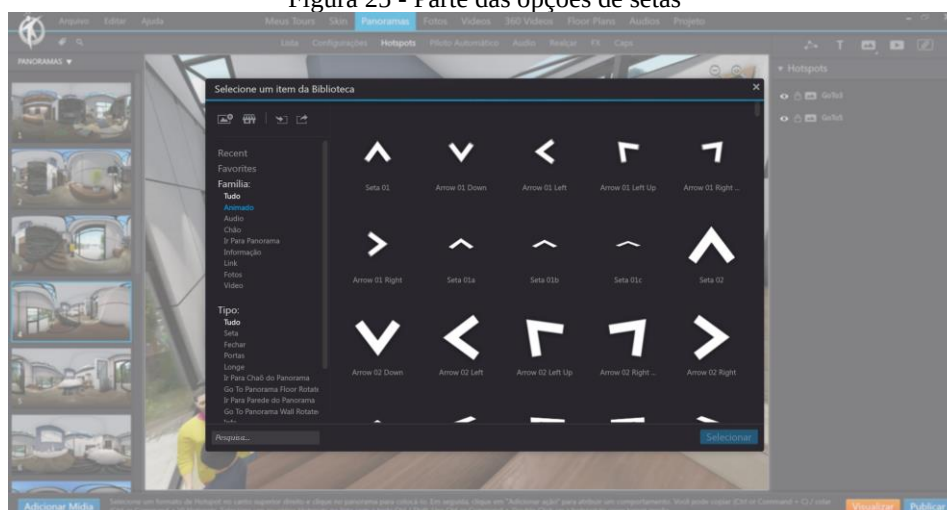
A Figura 24 apresenta a aba de adição dos objetos de interação, nesse momento é feito a escolha da figura dos botões e o posicionamento dentro dos panoramas 360°. Na maioria dos *Tour's* realizados em todo o mundo, o objeto escolhido para ação de andar do usuários são as setas, a Figura 25 apresenta alguns modelos que o programa disponibiliza.

Figura 24 - Aba de criação e posicionamento dos objetos de interação.



Fonte - Autoria própria.

Figura 25 - Parte das opções de setas

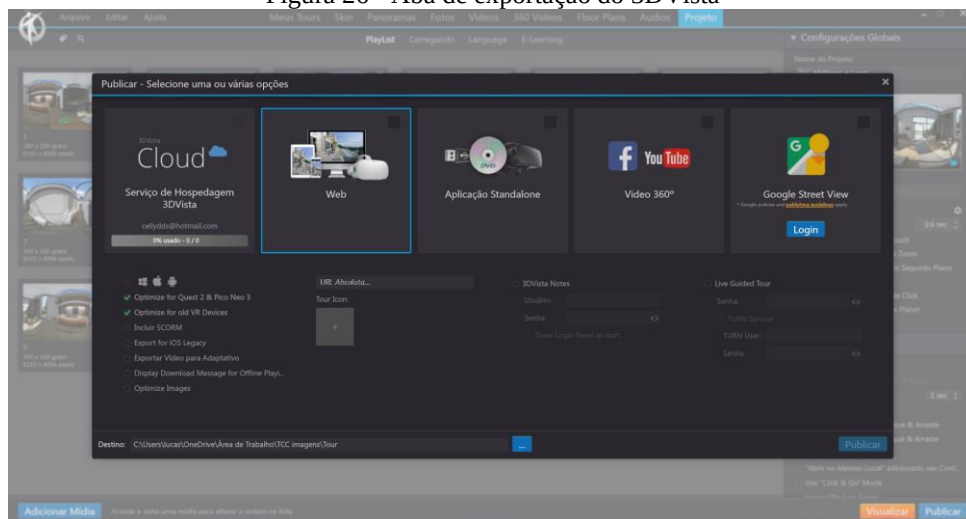


Fonte - Autoria própria

Depois da realização da conexão de todas as imagens e adição de todos os botões de interação, é o momento de exportação do *Tour* Virtual. O programa 3DVista apresenta cinco opções de exportação (Figura 26), sendo:

- Exportação diretamente para servidor do próprio programa, função paga e de elevado valor.
- Exportação para arquivos para servidores *web*, como os adotados por sites e aplicativos.
- Exportação diretamente para lojas de aplicativos de óculos de Realidade Virtual.
- Exportação para sites como *Youtube* e *Facebook*, plataformas que aceitam os formatos dos panoramas 360°.
- Exportação para *Google Street View*, método muito usual para os clientes, visto o gigantesco tamanho da ferramenta de busca, o que ajuda no impulsionamento das empresas nele.

Figura 26 - Aba de exportação do 3DVista



Fonte - Autoria própria

Neste trabalho adotou-se a exportação para servidor *web*. O armazenamento foi realizado em site próprio dos autores. O *Tour* Virtual do projeto arquitetônico pode ser visto e navegado pelo link: <https://tccnota10.meta360graus.com.br/>.

Figura 27 - Visualização final do *Tour Virtual* com o menu lateral



Fonte - Autoria própria

4 RESULTADOS

Nesse tópico, serão apresentados os impactos da implementação da Realidade Virtual na apresentação de projetos arquitetônicos e uma comparação entre os métodos tradicionais e as apresentações com *Tour's* Virtuais.

4.1 IMPACTO DA RV NA APRESENTAÇÃO DE PROJETOS ARQUITETÔNICOS

É nítido que a realidade virtual contém muitos pontos positivos. Quando se é aplicado essa tecnologia em empresas do seguimento é perceptível os impactos causados, podendo estes ser citados abaixo:

- Visualização e imersão dentro do projeto por meio de um ambiente virtual que ainda não foi construído, mas que retrata de forma realista como ficará a obra depois de pronta, possibilitando qualquer mudança de forma segura por parte do engenheiro, arquiteto e pelo próprio contratante do serviço até ficar no formato ideal.
- Possibilita um *design* esteticamente mais agradável, uma vez que, possibilita a mudança de texturas, acabamentos, localização dos ambientes, tudo antes mesmo da construção.
- Diminuição da ansiedade nos clientes, fazendo com que o processo fique menos estressante e de maior satisfação visto que, é possível observar num projeto com maiores detalhes todas as fases da construção.
- Consiste também num maior número de profissionais capacitados, por se tratar de um assunto ainda não muito mencionado, os profissionais que se dispõem a estudar e buscar excelência nesses serviços, consequentemente buscam sempre pela competitividade.
- Redução de custos porque se evita gastos com materiais e ambientes em que o cliente assim que visualizar depois de pronto queira modificar, fazendo com que quase todas as modificações sejam feitas ainda na fase de projetos.

Já alguns pontos negativos que valem ser destacados é a necessidade de computadores com alto desempenho de processamento tanto para a modelagem, renderização e criação do *tour*

virtual. Além disso, também há necessidade de um provedor de internet com grande velocidade, que responda os comandos de forma instantânea.

4.2 COMPARAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS TRADICIONAIS E *TOUR* VIRTUAIS

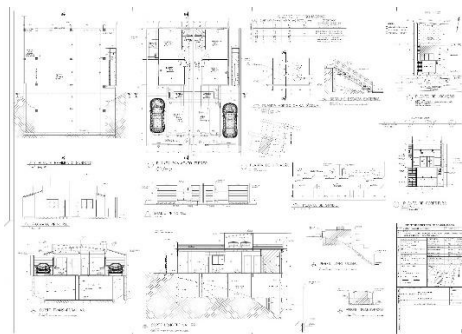
Normalmente quando se é pensado em projetos arquitetônicos é descrito da seguinte forma: “Projeto arquitetônico é uma planta baixa com a divisão dos cômodos”. Mas segundo a definição estabelecida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) em sua NBR 5674/1999, projeto é a descrição escrita e gráfica das propriedades de um serviço ou obra de engenharia ou arquitetura, determinando suas características técnicas, econômicas, financeiras e legais.

Para se contemplar um projeto arquitetônico precisa-se dos seguintes documentos:

- Planta Baixa;
- Diagrama de Cobertura;
- Cortes Longitudinal e Transversal;
- Vista e planta do gradil;
- Fachada principal;
- Planta de Locação;
- Planta de Situação;
- Quadro de Esquadrias;
- Perfil longitudinal e transversal do terreno.

Quando se apresenta os projetos arquitetônicos no método tradicional para os clientes, os profissionais usualmente utilizam dos desenhos citados acima de forma 2D, muitas vezes gerando confusão nos leitores. Na Figura 28 abaixo é possível observar um projeto apresentado pela forma tradicional:

Figura 28 - Projeto arquitetônico pelo método tradicional



Fonte - Autoria própria

Como observado, este tipo de apresentação contém sim um grande volume de detalhes, no entanto, é um documento para fins burocráticos, por exemplo, para aprovação perante a Prefeitura do Município em que vai haver a construção. Comparado a um projeto pelos métodos inovadores, é possível visualizar, além da concepção em 2D, a volumetria dos ambientes como um todo, ou seja, a visualização 3D. Na Figura 29 abaixo é possível ter uma comparação na prática de como uma apresentação 3D traz consigo uma certa imersão e uma visualização mais acessível a clientes, que muitas vezes são leigos e não conseguem interpretar projetos em formatos 2D.

Figura 29 - Projeto arquitetônico pelo método inovador



Fonte - Autoria Própria

Um dos principais impactos causados pela Realidade Virtual em Projetos Arquitetônicos é a parte comercial, quando você demonstra projetos já realizados com a RV para os futuros clientes do seu negócio, fazendo com que ele consiga sentir a imersão causada pela tecnologia, é um diferencial grandioso para sua apresentação. As pessoas leigas que querem construir olham pra uma planta baixa 2D e não conseguem imaginar como ficaria na prática sua construção, gerando diversas dúvidas e muitas vezes retrabalho.

E além de imagens e plantas baixas em 3D, é possível criar *tours* virtuais, animações, vídeos explicativos, entre outros. Até chegar na concepção final do *tour* virtual nos projetos arquitetônicos, é necessário passar pela modelagem e renderização como visto anteriormente.

5 CONCLUSÃO

A implantação da Realidade Virtual na apresentação de projetos arquitetônicos se caracteriza em vários pontos positivos principalmente na satisfação dos clientes que estão contrando os serviços. Traz consigo o realismo e a praticidade de mudanças do projeto antes de iniciar a construção, um melhor detalhamento e diminuição da ansiedade do contratante.

O impacto gerado através dessa tecnologia retrata uma evolução que vem de forma contínua e otimizada desde o século passado, e ainda há muitas melhorias para serem realizadas, visto que, esta tecnologia depende de uma internet com grande velocidade e de um computador com bom desempenho de processamento.

Conclui-se que com um certo investimento e aplicando esta tecnologia as empresas que se desafiarem a esta implantação, estarão certamente caminhando para ter um grande diferencial no mercado de projetos arquitetônicos.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

3DVISTA. **Tour virtual profissional**. 2022, Disponível em:

<<https://www.3dvista.com/en/products/virtualtour>>. Acesso em: 20/05/2022.

AKENINE-MÖLLER, T., HAINES, E.; HOFFMAN, N. **Real-Time Rendering, third ed.** A. K. Peters, Ltd., Natick, MA, USA, 2008.

ANTONIAC, Peter. **Augmented Reality Based User Interfaces for Mobile Applications and Services**. Oulu, Finlândia: University of Oulu, 2005. 181p. Faculdade de Ciências.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5674/1999**. Disponível em: <http://www.pmb.eb.mil.br/images/documentos/abnt/abnt_05674.pdf>. Acesso em: 15/05/2022.

BANCO CENTRAL. **Tour Virtual Museu de Valores**. Disponível em:

<<https://www.bcb.gov.br/acessoinformacao/museu/tourvirtual/>>. Acesso em: 21/05/2022.

BARCELLOS, E. E. I.; MERCALDI, M.; PINHEIRO, O. J.; BOTURA JÚNIOR, G. 2015 **Holografia: Inovação e Metáfora de Interatividade na Comunicação e na Representação Ótica**. In: C. G. Spinillo; L. M. Fadel; V. T. Souto; T. B. P. Silva & R. J. Camara (Eds). Anais [Oral] do 7º Congresso Internacional de *Design* da Informação/Proceedings [Completo] of the 7th Information *Design* International Conference | CIDI 2015 [Blucher *Design* Proceedings, num.2, vol.2]. São Paulo: Blucher, 2015. ISSN 2318-6968, DOI 10.5151/designpro-CIDI2015-cidi_12

BELGO BEKAER ARAMES. **A tecnologia na construção civil e seus desdobramentos**. Julho 2, 2018. Atualizado em fevereiro 3, 2022. Disponível em :

<<https://blog.belgobekaert.com.br/engenharia/construcao-civil/a-tecnologia-na-construcao-civil-e-seus-desdobramentos/#:~:text=%E2%80%9CSe%20considerarmos%20que%20a%20tecnologia,respons%C3%A1vel%20por%20sua%20constante%20evolu%C3%A7%C3%A3o>>. Acesso em: 15/05/2022.

CAUDELL, T.P; MIZELL, D.W. **Augmented Reality: An Application of Heads-Up Display Technology to Manual Manufacturing Processes**. In: Proceedings of Hawaii International Conference on System Sciences, Hawaii, USA. 1992.

CAVALIERI, Telma; GROETELAARS, Natalie. **O tour virtual como ferramenta na sensibilização ao patrimônio edificado**. 10º Mestres e Conselheiros, Belo Horizonte, 2018.

CCBB – RJ. **Tour Virtual Egito Antigo - Do cotidiano à eternidade**. Disponível em:

<<https://tourvirtual360.com.br/egito2/>>. Acesso em: 21/05/2022.

ÉPOCA NEGÓCIOS ONLINE. **Circo alemão substitui animais reais por hologramas**. Publicado em 11 jul 2019. Disponível em:

<<https://epocanegocios.globo.com/Tecnologia/noticia/2019/07/circo-alemao-substitui-animais-reais-por-hologramas.html>>. Acesso em: 20/05/2022.

FIALHO, Arivelto Bustamante. **Realidade Virtual e Aumentada: Tecnologias para aplicações profissionais**. São Paulo: Saraiva, 2018.

GEROSA, M. A.; FUKS, H.; LUCENA, C. J. P. **Suporte à Percepção em Ambientes de Aprendizagem Colaborativa**. Revista Brasileira de Informática na Educação, v. 11, n. 2, p. 19, 2003.

HABEYCHE, Stephania Santos et al. **Novas Formas de divulgação e valorização do patrimônio cultural: estudo de caso no Cemitério Campo Santo, Em Salvador - Bahia**. In: ARQ.DOC 2012. Seminário nacional: documentação do patrimônio arquitetônico com o uso de tecnologias digitais. 2., 2012, Belém. Anais eletrônicos. Belém: LACORE/UFPA, 2012. (PDF) *O Tour Virtual Como Ferramenta Na Sensibilização Ao Patrimônio Edificado*. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/329811374_O_TOUR_VIRTUAL_COMO_FERRAMENTA_NA_SENSIBILIZACAO_AO_PATRIMONIO_EDIFICADO>. Acesso em: 15/05/2022.

HEILIG, Morton. **Stereoscopic-Television Apparatus for Individual Use – Nova York**. 1960. United States Patent Office. Disponível em: <<https://web.opendrive.com/api/v1/download/file.json/Ml8xNTA4NjQyNzVf?inline=1>>. Acesso em: 16/05/2022.

HEILIG, Morton. **The Cinema Of The Future**. 1955. Disponível em: <https://gametechdms.files.wordpress.com/2014/08/w6_thecinemaoffuture_morton.pdf>. Acesso em: 16/05/2022.

HEILIG; Morton. **USC School of Cinematic Arts**. Disponível em: <<https://www.uschefnerarchive.com/mortonheilig/>>. Acesso em: 15/05/2022.

ITO, Elica; AFFINI, Letícia Passos. (2011). **Realidade Aumentada para Dispositivos Móveis e Portáteis**. XVI Congresso de Ciências da Comunicação na Região Sudeste, São Paulo.

JERALD, Jason. **The VR Book: Human-Centered Design for Virtual Reality**. New York: Morgan & Claypool Publishers, 2015.

JOHNSON, Colin. **Computer Visualisation of Dudley Castle c1550**. Disponível em: <<http://www.exrenda.com/dudley/>>. Acesso em: 20/05/2022.

JUNQUEIRA, Bruno Pires. **Aplicações da Realidade Virtual e Realidade Aumentada nos Empreendimentos da Construção Civil**. – Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2021.

KIRNER, C.; KIRNER, T.G. (2008) **Virtual Reality and Augmented Reality Applied to Simulation Visualization**. In: El Sheikh, A.A.R.; Al Ajeeli, A.; Abu-Taieh, E.M.O.(Ed.). *Simulation and Modeling: Current Technologies and Applications*. 1 ed. Hershey-NY: IGI Publishing, 2008, v. 1, p. 391-419.

MARTINELLI, D.; OLIVEIRA, J. **Aplicativo de realidade aumentada permite que usuários escolham móveis pelo celular**. 2017. Disponível em: <<https://revistacasaedjardim.globo.com/Curiosidades/noticia/2017/12/aplicativo-de-realidade-aumentada-permite-que-usuarios-escolham-moveis-pelo-celular.html>>. Acesso em: 21 de maio 2022.

PESSOA JR, O. 2015. **Universo Holográfico**. In: Home: O Universo Holográfico. Disponível em: <http://www2.uol.com.br/vyaestelar/universo_holografico.html>. Acesso em: 20/05/2022.

PEXELS. **Imagem. Homem de camisa cinza usando óculos vr de papelão marrom**. Disponível em: <https://www.pexels.com/pt-br/foto/homem-de-camisa-cinza-usando-oculos-vr-de-papelao-marrom-936575/>>. Acesso em: 20/05/2022.

REBELO, Irla. **Realidade virtual aplicada à arquitetura e urbanismo: representação, simulação e avaliação de projetos**. Florianópolis. Universidade Federal de Santa Catarina. 1999.

REVISTA GRANDES CONSTRUÇÕES. **Realidade aumentada pode atrair talentos para a construção. Acessoria de imprensa**. Publicado em 06/05/2022. Atualizada em 12/05/2022. Disponível em: <<https://grandesconstrucoes.com.br/Noticias/Exibir/realidade-aumentada-pode-atrair-talentos-para-a-construcao>>. Acesso em: 20 de maio 2022.

RIBEIRO, Gabriel. **Street View faz 10 anos; relembre como tudo começou**. Blog TechMundo, 2017, Disponível em: <<https://www.techtudo.com.br/noticias/2017/05/street-view-faz-10-anos-relembre-como-tudo-comecou.ghtml>>. Acesso em: 20 de maio de 2022.

SANTOS, Gabriel Almeida; BASTOS, Geovani; NOVAIS, Bruno Alves. **Luva háptica para controle de um manipulador**. Dr. João Erivando Soares Marques, Dr. José Alberto Diaz Amado. Instituto Federal de Educação Ciências e Tecnologia da Bahia, 2015.

SANTOS, T. S.; AMORIM, A. L. **O Tour Virtual na Documentação do Patrimônio**. In: Arq.Doc -Seminário nacional documentação do patrimônio com o uso de tecnologias digitais. 2010, Salvador. Anais. Salvador [s.n.] 2010.

SCHOCH, Lucas. **Metaverso: um futuro não tão distante**. Resvista Exame. Matéria publicada em 21/12/2021. Disponível no site: <<https://exame.com/future-of-money/metaverso-um-futuro-nao-tao-distante/>>. Acesso em: 15/05/2022.

SILVA JUNIOR, Eliéser da; FUKUSHIMA, Guilherme Henrique; LOPES, Raphael Antonio Maceno. **Utilização do software 3D como suporte na elaboração de projetos elétricos de grande porte**. 2015. 84p. Monografia de Graduação do Curso de Engenharia Industrial Elétrica ênfase Eletrotécnica, do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2015.

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.

TORI, Romero; HOUNSELL, Marcelo da Silva (org.). **Introdução a Realidade Virtual e Aumentada**. Porto Alegre: Editora SBC, 2018.

WEISS, A. E. **Virtual Reality. A Door to Cyberspace**. Environments. Paper não publicado. Disponível em: <<http://citeseer.nj.nec.com/22726.html>>. (1996). Twenty–First Century Books, New York, 1996. Acesso em: 15/05/2022.

Realidade aumentada pode atrair talentos para a construção; **Revista Grandes Construções**; Disponível em: <<https://grandesconstrucoes.com.br/Noticias/Exibir/realidade-aumentada-pode-atrair-talentos-para-a-construcao>> Acesso em: 15/05/2022.

Banco de Imagens Pexels; Disponível em: < <https://www.pexels.com/pt-br/foto/homem-de-camisa-cinza-usando-oculos-vr-de-papelao-marrom-936575/>> Acesso em: 15/05/2022.

LUZ, Rodolfo Pinto da (1997). **Proposta de especificação de uma plataforma de desenvolvimento de ambientes virtuais de baixo custo**. Dissertação de mestrado em Engenharia de Produção. Novembro de 1997.