

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE COMUNICAÇÕES E ARTES

Relatório Final de Iniciação Científica

REALIDADES, da realidade tangível à realidade ontológica - Ambientes virtuais na arte

Bolsista: LETÍCIA BRASIL FREITAS

Orientadora: PROFA. DRA. SILVIA REGINA FERREIRA DE LAURENTIZ

Projeto com bolsa de Estudo para Apoio e Formação de Estudantes de Graduação do Programa Unificado de Bolsas (PUB-USP), Edital 2020-2021, na vertente Pesquisa.

São Paulo

2021

RESUMO

Este projeto foi desenvolvido em duas partes: uma teórica e outra prática experimental. Inicialmente foi realizado um estudo acerca de aspectos de ambientes computacionais no cenário da arte, que simulem a tridimensionalidade do espaço, com enfoque em espaços expositivos disponíveis *online*, concebidos a partir de um ambiente existente no espaço físico ou diretamente por via digital. O objetivo desta fase inicial foi conhecer os principais debates da área quanto a este assunto e identificar suas principais referências artísticas e teóricas. Buscou-se ainda observar características técnicas na construção desses espaços, seus meios de distribuição, compatibilidade com dispositivos, modos de interação, implicações na percepção do visitante desses ambientes e das obras apresentadas, e diferenças provenientes das escolhas construtivas sobre uma versão digital de uma obra originalmente física, e aquelas concebidas diretamente em ambiente digital. Neste contexto, pretendeu-se refletir sobre tais características a partir de sua correlação com conceitualizações de virtualidade e da relação com observador. Na segunda parte do projeto foram desenvolvidos trabalhos experimentais decorrentes da pesquisa teórica, tanto coletivos, pela participação do Grupo de Pesquisa Realidades, a que este projeto está vinculado; quanto propostas individuais. Pretendeu-se neste momento, a partir dos conceitos e das técnicas estudadas para a pesquisa, desenvolver experimentos explorando as possibilidades de um ambiente “não-físico”.

Palavras-chave: Ambiente Virtual, Exposição Virtual, Gráficos *Web*, Computação Gráfica, Fotografia Panorâmica.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	4
2	OBJETIVOS.....	6
3	METODOLOGIA.....	6
4	RESULTADOS.....	7
4.1	ATIVIDADES DESENVOLVIDAS.....	7
4.2	PESQUISA TEÓRICA.....	11
4.2.1	Virtualidade.....	12
4.2.2	Aspectos Históricos.....	14
4.2.2.1	Ambientes Arquitetônicos Imersivos: da Antiguidade ao Barroco.....	14
4.2.2.2	O Panorama.....	18
4.2.2.3	Computação Gráfica Tridimensional.....	24
4.2.2.4	Exposições Digitais.....	29
4.2.3	Exemplos Atuais de Exposições que Simulam o Espaço Tridimensional.....	35
4.3	PESQUISA EXPERIMENTAL.....	54
4.3.1	Possibilidades Técnicas para Ambientes Tridimensionais <i>Online</i>.....	54
4.3.1.1	Fotografia 360°.....	54
4.3.1.2	Gráficos 3D para <i>web</i>	58
4.3.2	Trabalho Experimental Junto ao Grupo Realidades: Pesquisa de Possibilidades Técnicas para Espaço Expositivo Tridimensional.....	61

4.3.3	Trabalhos Experimentais Individuais.....	67
4.3.3.1	Experimento de Comparação entre Modelagem e Escaneamento de Objeto Tridimensional.....	67
4.3.3.2	Experimento de Desenho em Perspectiva <i>Equirretangular</i> Esférica Com <i>Eq A Sketch 360</i>	89
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS E ANÁLISES DE RESULTADOS.....	114
	BIBLIOGRAFIA.....	119

1 INTRODUÇÃO

O uso de técnicas de simulação de ambientes tridimensionais na distribuição de arte na *web* é uma prática frequente nos dias de hoje no meio museológico, aplicadas principalmente para reproduzir espaços expositivos ou obras pré-existentes no espaço físico, assim como para criar espaços de exibição de obras ou trabalhos independentes, matricialmente digitais.

Atualmente, para a construção desses ambientes digitais, são frequentes os usos de fotografia 360° ou renderização 360° de ambientes 3D computacionais para a montagem de *tours* virtuais, e de técnicas para a otimização da exibição de gráficos tridimensionais *online*. Nesses, simula-se o percurso de um observador em um espaço físico e seus pontos de vista, delimitados a partir da tecnologia utilizada para sua realização.

Iniciativas de distribuição de arte *online* ocorrem desde a popularização da internet na década de 1990, e possibilitam o acesso a reproduções ou simulações de obras físicas e trabalhos digitais a número muito maior de pessoas quando comparado ao público que poderia visitar presencialmente os museus em que estariam em exposição. A disponibilização de arte na *web*, portanto, possibilita uma outra relação espacial do público com obras e espaços expositivos, e ameniza as limitações relativas à localização espacial do espectador.

Com o isolamento social estabelecido em função da pandemia do vírus *Covid-19*, o acesso do público ao acervo de museus do mundo inteiro só esteve disponível *online* por um certo período, e as denominadas visitas virtuais tornaram-se muito evidentes na comunicação digital desses, como alternativa a manter o contato do público com seu acervo. Neste contexto, surgem questões relativas ao modo de apresentação da arte online, aos aspectos próprios da reprodução e concepção da obra no digital, e às discussões acerca da verossimilhança dessas.

O uso da palavra virtual é o modo mais comum para referir-se a esses ambientes acessados via computador, como forma de expressar seu caráter intangível, muitas vezes entendido como um modo oposto à realidade. Porém, existem

diferentes concepções sobre a escolha de tal palavra, em função da área de estudo, como a conceitualização do filósofo Pierre Lévy (1996), que apresenta o virtual como um modo de existência.

Dentre os aspectos mais relevantes acerca dos espaços artístico-expositivos digitais de interesse a essa pesquisa estão a imersão e a intensão de “transportar” visitantes a um espaço “não-local”. Tais características, de ilusão de se estar imerso na imagem, não são específicas do meio digital e, conforme Oliver Grau (2003) apresenta, exemplos realizados com recursos tangíveis são encontrados em momentos anteriores da história, como salas com pinturas de cenas em todas as paredes descobertas em Pompeia e os panoramas do século XIX. Os panoramas apresentam soluções técnicas para a conformação do espaço, quanto ao deslocamento do espectador, controle de iluminação e métodos para a aplicação de perspectiva na pintura do local representado, que buscam intensificar a sensação de imersão e, no caso da construção da imagem para disposição em superfície curvada, em perspectiva *equirretangular* esférica, há um diálogo com técnicas utilizadas para produzir fotografias 360°.

Os métodos utilizados para construção de ambientes imersivos digitais, a conformação das imagens computacionais apresentadas e o modo de interação com o observador são caracterizados pelos recursos tecnológicos disponíveis, como os avanços na computação gráfica e a otimização de gráficos exibição em dispositivos pessoais e *online* e, conseqüentemente, os aspectos específicos desses meios intangíveis e de imagens numéricas.

Nos espaços de interesse da pesquisa, voltados para exposição de arte *online* e que simulam a tridimensionalidade, observa-se principalmente o uso de ferramentas para realização de *tours* virtuais por imagens panorâmicas e gráficos tridimensionais para exibição em navegadores *web*, com ambientes que reproduzem ou simulam algum local existente de modo concreto ou criados diretamente em meio digital, funcionando na mesma lógica para obras de arte. Em cada modo de interface, a apresentação de informações visuais e textuais, acesso a detalhes da obra, possibilidades de deslocamento e ponto de vista do espaço e das obras configuram experiências características e propriedades com potencial de investigação.

Dessa forma, é relevante refletir-se sobre esses ambientes virtuais, uma vez que o interesse por parte do meio artístico tem se intensificado a partir das medidas restritivas consequentes da pandemia. De modo a pensar as principais características desses espaços, seus potenciais e restrições quanto a percepções de obras, acesso à diferentes públicos e experimentações específicas ao meio digital, e a inserção no contexto de arte atual, assim como em perspectivas futuras.

2 OBJETIVOS

Busca-se analisar a integração de elementos de imagens tradicionais físicas, assim como imagens computacionais em plataformas de mídia digital, em especial através de ambientes tridimensionais e de visão panorâmica 360°, de modo a destacar as características distintivas de cada dispositivo quanto ao modo de apresentar informações imagéticas.

Pretende-se observar e identificar as possibilidades que a disponibilização e experiência de trabalhos artísticos nas opções do digital proporcionam à arte contemporânea, e como os caminhos entre o digital e analógico se entrelaçam.

Com embasamento na pesquisa teórica realizada, de autores e trabalhos artísticos relativos ao interesse da pesquisa, objetiva-se conceituar e realizar trabalhos experimentais com o intuito de investigar aspectos de construção e particularidades de espaços tridimensionais digitais interativos, juntamente à pesquisa de tecnologias mais adequadas ao objetivo do trabalho e aprendizagem de softwares necessário para a execução desses ambientes virtuais.

3 METODOLOGIA

Como metodologia, é realizado o levantamento de bibliografia já existente referente à temática de pesquisa, com leitura e fichamento dos textos selecionados;

localização, identificação de exemplos de trabalhos artísticos e espaços expositivos internacionais e brasileiros, que explorem a espacialidade tridimensional no meio digital, a fim de criar um banco de dados e imagens; a análise de aspectos relativos à navegação, visualização de imagens e compatibilidade digital desses espaços em diálogo à conceitos, iniciativas anteriores e avanços tecnológicos; estudo de ferramentas para produção de ambientes tridimensionais por gráficos digitais e imagens em 360º e experimentos práticos, a fim de entender os processos de concepção desses espaços e suas propriedades; análise dos resultados, de modo a integrar conclusões perceptivas da observação de espaços expositivos aos experimentos práticos; participação de atividades do grupo de pesquisa Realidades; e redação de relatórios parcial e final do projeto.

4 RESULTADOS

4.1 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

Ao início da pesquisa foi realizado um levantamento de referências bibliográficas relacionadas à discussão de ambientes virtuais na arte, com enfoque a espaços expositivos *online*, assim como exemplos de galerias digitais que simulam a tridimensionalidade do espaço, disponíveis na *web*.

Durante o acesso a exposições *online*, buscou-se observar aspectos de navegação, exibição de obras, técnicas utilizadas para sua realização, e período de acesso. Foi identificado que as técnicas mais utilizadas para simulação da tridimensionalidade são a fotografia 360º e gráficos 3D para exibição na *web*, e em função do estudo de características construtivas dessas técnicas, elegeu-se pontos iniciais de interesse para desenvolvimento da pesquisa.

A partir da leitura e fichamento dos textos selecionados e da experiência de navegação das galerias visitadas *online*, estabeleceu-se a estrutura da pesquisa,

determinando-se tópicos de discussão, aos quais atentou-se à necessidade de leituras específicas e complementares, e assim propôs-se os experimentos práticos.

Sobre a pesquisa teórica, primeiramente investigou-se o uso da palavra “virtual”, no emprego em expressões como “galeria virtual”, “museu virtual” ou “exposição virtual”. Observou-se um uso diverso a depender da área de conhecimento. Estudiosos da área da tecnologia e ciências exatas, como no texto de Paul Milgram et al.(1994), costumam utilizar o termo para referir-se a algo simulado eletronicamente, intangível, imaterial e oposto ao real; enquanto no meio da filosofia, a exemplo do pensamento de Lévy (1996), “virtual” refere-se a algo que existe em potência, constituindo também uma forma de existência, e se opondo não ao real, mas ao atual.

Em função do aspecto imersivo e simulado de um espaço “não-local” das exposições *online*, buscou-se exemplos de ambientes com essas características ao longo da história. Com embasamento principal nos estudos de Grau (2003), verificou-se que a concepção de salas com pinturas e/ou ornamentos por todas as paredes do ambiente e, em alguns casos, no teto, que representem alguma ilusão que cause uma sensação de imersão em outros espaços, retomam desde afrescos de residências de Pompeia a espaços religiosos do Período Medieval ao Barroco. E percebeu-se um paralelo mais próximo à fotografia 360º nos panoramas do século XIX, cuja pintura referente a um local físico, aplica técnicas de distorção da perspectiva para o registro da paisagem no plano para disposição em uma superfície curva, de modo a apresentar uma imagem verossímil quanto a sua espacialidade.

Considerando-se que o uso de gráficos 3D na concepção de galerias lhes atribui aspectos próprios em função do meio em que se realiza, estudou-se conceitos da computação gráfica, como os processos de construção da forma, luz, pontos de vistas e a representação da imagem em uma tela bidimensional, em que se atentou a uma tendência de simulação realística do espaço concreto nas ferramentas da computação gráfica tridimensional, como o uso do sistema de coordenadas espaciais para disposição de um objeto no espaço.

A partir do meio de distribuição das exposições estudadas, buscou-se realizar um panorama de exemplos de galerias digitais criadas no contexto da popularização

do computador pessoal e da internet na década de 1990. Observou-se características de apresentação dessas exposições associadas às tecnologias disponíveis em seu período de concepção, como a capacidade de processamento e armazenamento de mídias físicas e do computador, o desempenho de navegadores na exibição de arquivos, e linguagens de programação baseadas em gráficos para exibição na *web*.

Com base nas exposições *online* visitadas no início da pesquisa, selecionou-se alguns exemplos para uma análise quanto a aspectos relativos à representação da espacialidade, local de disponibilização *online*, navegabilidade, acesso e qualidade de visualização das obras, assim como informações das tecnologias utilizadas para construção e compatibilidade com diferentes dispositivos. Estudou-se, como análise de casos, a exposição *Figure d'artiste*, da *Petite Galerie* do Museu do Louvre; a estrutura das visitas de diferentes museus disponíveis no *site Google Arts & Culture*, realizadas com uso de fotografia 360°, com exemplos nos espaços dos museus The *Metropolitan Museum of Art* de Nova Iorque, Pinacoteca do Estado de São Paulo, *Musée d'Orsay* de Paris e *National Gallery* de Londres; a galeria SHUTDOWN.gallery, concebida pelo designer alemão Patrik Hübner com uso da biblioteca de *JavaScript Three.js* e execução dos gráficos 3D a partir de *WebGL*¹; e a exposição Zonas de Compensação 7.0, organizada em uma parceria dos grupos GIIP-IA/UNESP e HUM1045 (*Universidad de Sevilla*), em que mescla-se as principais técnicas citadas, com a renderização de espaços modelados tridimensionalmente em imagens 360° para montar o *tour* virtual.

A partir das leituras e investigações realizadas, desenvolveu-se a parte teórica da pesquisa, de modo a estruturar de acordo com os tópicos levantados e reflexões resultantes da escrita, atentando-se a necessidade de pesquisas complementares percebidas ao longo do processo.

Desta forma, com base na pesquisa teórica e tecnológica, verificou-se as ferramentas necessárias para execução dos trabalhos práticos propostos, como softwares de modelagem 3D, linguagens de programação baseadas em gráficos para

¹ Segundo documentação do *site Mozilla*, "*WebGL* é uma API do *JavaScript* para renderizar gráficos 3D e 2D dentro de um navegador web compatível sem o uso de plug-ins. O *WebGL* faz isso introduzindo uma API que está de acordo com o *OpenGL ES 2.0* e que pode ser usada em elementos do HTML5 <canvas>. Disponível em: <https://developer.mozilla.org/pt-BR/docs/Web/API/WebGL_API>0. Acesso em 19 jul. 2021.

exibição na *web*, plataformas de montagem de *tours* virtuais com imagens 360 ou ambientes 3D interativos, aos quais foram realizados estudos iniciais com enfoque técnico.

Participou-se ainda das reuniões semanais e acompanhamento das atividades desenvolvidas no Grupo de Pesquisa Realidades, como: a revisão e manutenção do *site* do mesmo (<http://www2.eca.usp.br/realidades/pt>); o processo de realização de um *tour* virtual a partir de fotografia 360 da exposição Entre Bordas e Bordados – Desmanchando Limites, da artista plástica Bia Bender, exibida no Museu de Arte Brasileira da FAAP (MAB FAAP) durante o ano de 2020, em que foram realizadas as etapas de visita técnica, captura de fotografias e tratamento das imagens resultantes; discussão de possibilidades para a criação de um ambiente tridimensional para exposições realizadas pelo grupo.

Realizou-se estudos mais aprofundados sobre algumas ferramentas para concepção de gráficos 3D para *web*. Estudou-se a biblioteca de *JavaScript Three.js*, a estrutura para construção de espaços em realidade virtual *Aframe*, e a opção de criar projetos na plataforma *Unity* para exportação em *WebGL*. Foram realizados testes voltados para construção de ambientes tridimensionais navegáveis, pensando no uso em um possível espaço concebido junto ao Grupo Realidades e nos experimentos seguintes da pesquisa.

Foram realizados estudos acerca de princípios de geometria da perspectiva *equirretangular* esférica, como demarcações de linha do horizonte, demarcação de pontos de fuga, e modo de funcionamento do programa *Eq A Sketch 360*², com o objetivo de entender como realizar desenhos panorâmicos e as distorções das imagens de fotografias 360°.

A partir da experiência de escrita de um artigo junto a outros integrantes do Grupo Realidades para o evento *Panoramas 2021*³, acerca da temática da pesquisa, realizou-se uma revisão do texto escrito, com complementação de informações

² Disponível em: <<http://www.univ-ab.pt/~aaraujo/eqasketch360.html>>. Acesso em 28 ago. 2021.

³ O evento *Panoramas 2021*, realizado em 15 a 18 de junho de 2021, reuniu três eventos internacionais, o SIIMI - VIII Simpósio Internacional de Inovação em Mídias Interativas, # 20.ART - 20. Encontro Internacional de Arte e Tecnologia, e BunB - 8vo. Balance Unbalance: reúnem-se para estabelecer uma visão geral do estado da arte da pesquisa e das tecnologias sociais voltadas para a sustentabilidade, as artes e a cultura digital.

consideradas relevantes à pesquisa, como a inserção de análise de exemplos de exposições realizadas por meio da ferramenta *Matterport*⁴, exemplificando com as exposições do *Farol Santander* e *Galeria Leme*, assim como realizadas na plataforma *Mozilla Hubs*⁵, como a exposição *Perfídia Online 2021*.

Seguiu-se para os experimentos práticos individuais, em que foram realizados os procedimentos de comparação entre os processos de modelagem e fotogrametria para a representação digital de um objeto tridimensional, e desenhos panorâmicos aplicando os princípios da perspectiva *equirretangular* esférica estudados. No primeiro caso, selecionou-se um objeto do que se realizou registros por fotografias, para a obtenção de um modelo 3D a partir de fotografias no programa *Meshroom*⁶, desenhos para realização dos processos de modelagem e aplicação de texturas de um outro objeto baseado no mesmo, e disponibilização *online* do objeto em um ambiente que pudesse ser visualizado de forma isolada e em um espaço que simulasse um sala, com outros elementos de referência de escala. No segundo caso, realizou-se testes baseados nos estudos de perspectiva esférica e desenhos de paisagens panorâmicas, uma utilizando o programa *Eq A Sketch 360*, para demarcação da estrutura geométrica, com finalização do desenho no programa *Photoshop*, e outros dois baseados em uma gravura e uma pintura da autora, executados no modo tridimensional do *Photoshop*, em que é simulado o desenho direto na superfície de uma esfera, para posterior exportação em imagem panorâmica. Em ambos os casos, disponibilizou-se os resultados *online* no *site* de compartilhamento de *tours* virtuais *Kuula*⁷ e analisou-se os resultados.

Por fim, redigiu-se os tópicos de introdução e conclusões da pesquisa, buscando associar os resultados da pesquisa teórica com os experimentos práticos, e fez-se a revisão do texto do relatório e da diagramação segundo as normas ABNT.

4.2 PESQUISA TEÓRICA

⁴ Disponível em: <<https://matterport.com/>>. Acesso em 19 jul. 2021.

⁵ Disponível em: <<https://hubs.mozilla.com/>>. Acesso em 19 jul. 2021.

⁶ Disponível em: <<https://alicevision.org/#meshroom>>. Acesso em 28 ago. 2021.

⁷ Disponível em: <<https://kuula.co/>>. Acesso em 19 jul. 2021.

4.2.1 Virtualidade

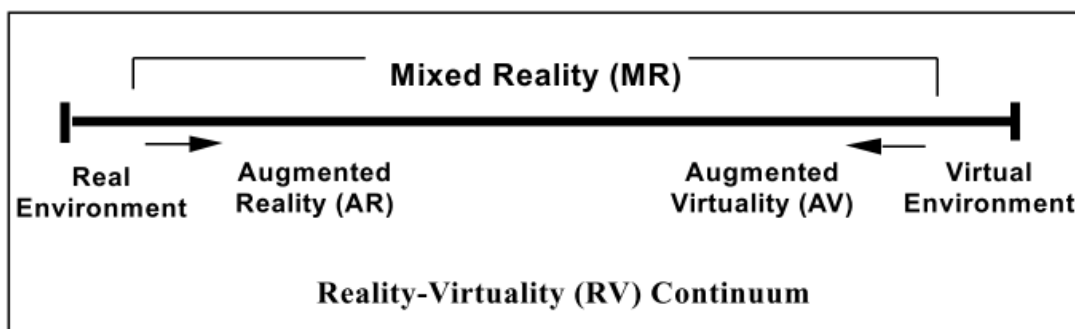
A palavra “virtual” é comumente utilizada para referir-se a algo demonstrado ou simulado eletronicamente, em uma lógica de oposição presente no senso comum, da conceituação de real vinculada à tangibilidade. Em expressões como realidade virtual, acervo virtual e biblioteca virtual, por exemplo, a condição de virtual marca o aspecto imaterial dos elementos a que se refere.

Porém, o significado configurado ao termo virtual pode variar em função da área de estudo em que é abordado. De acordo com Sophia Pescarin (2014, p.134), para especialistas da ciência da computação, virtual comumente sugere algo interativo e simulado em computador, no campo das humanidades, algo digital ou em essência, e no senso comum, pode referir-se aos conteúdos disponíveis *online*.

No artigo de Milgram *et al.* (1994), pesquisadores das áreas de tecnologia e comunicação, a discussão sobre realidades mistas considera uma concepção de virtual e real pautada na materialidade. Enquanto a abordagem do filósofo Pierre Lévy traz a origem etimológica da palavra virtual, cujo significado provém da ideia de potência, e nega a frequente oposição com o real.

Milgram *et al.* (1994, p. 283) propõe um esquema linear de categorização das realidades chamado Contínuo Realidade-Virtualidade (Figura 1), em que o ambiente real e o ambiente virtual ocupam suas extremidades opostas e entre estas constam as realidades mistas. O ambiente real é definido como um mundo restrito às leis da física, enquanto o virtual, como um mundo completamente sintético, que pode ou não simular um ambiente real, existente ou ficcional, cujas propriedades materiais e temporais não são necessariamente determinadas pelas leis da física. Em um ambiente de realidade mista, portanto, objetos do mundo real e virtual são sobrepostos, apresentados juntos em uma única tela.

Figura 1 - Representação simplificada do Contínuo Realidade-Virtualidade



Fonte: Milgram *et al.*(1994).

Nessa classificação, as realidades mistas localizam-se em função da preponderância de elementos do mundo real ou virtual. Na realidade aumentada, mais próxima ao ambiente estritamente real, visualiza-se o mundo real acrescido de objetos virtuais, enquanto na virtualidade aumentada, mais próxima do ambiente virtual, apresenta-se um ambiente predominantemente construído graficamente, em que são adicionados elementos da realidade, como vídeos ou texturas mapeadas (MILGRAM *et al.*, 1994, p.284). Observa-se, dessa maneira, que na abordagem de Milgram *et al.* (1994), a definição de virtual refere-se a ambientes e objetos não tangíveis, em que realidade e virtualidade são condições antagônicas, mas que podem se sobrepor.

A partir de outra abordagem, Lévy (1996, p.15) critica a oposição entre real e virtual, cujo emprego recorrente dos termos para se referir a presença ou ausência de tangibilidade, respectivamente, seria uma conceitualização insuficiente. Para embasar sua definição, Lévy traz que “A palavra virtual vem do latim medieval *virtualis*, derivado por sua vez de *virtus*, força, potência” (LÉVY, 1996, p.15) e, em acordo ao seu significado primário, na filosofia escolástica, “é virtual o que existe em potência e não em ato” (LÉVY, 1996, p.15).

Um exemplo para tal definição de virtual, apresentada por Lévy (1996, p.16), seria o entendimento de que uma árvore está virtualmente em uma semente, que contém uma configuração de tendências ou forças para determinar a árvore que originará. A formação da árvore depende da resolução de um problema relativo à semente, como fazer a árvore brotar, e esse novo estado da árvore, a partir do

processo de resolução desse problema, constitui sua atualização. O virtual, portanto, opõe-se ao atual, e ambos constituem o real, de modo que “virtualidade e atualidade são apenas duas maneiras de ser diferentes” (LÉVY, 1996, p.15).

Levando o conceito para o contexto da computação, em um programa informático, seu código trataria de problemas aos quais é colocado a apresentar soluções, seu estado virtual, enquanto na interação do usuário com o programa estaria sua atualização, em que nem todas as situações previstas no virtual podem vir a serem exploradas e outras podem emergir, constituindo uma resposta ao virtual (LÉVY, 1996, p.17).

Tendo vista as abordagens expostas, se considerando que o uso do termo virtual para se referir a exposições, museus e acervos apresentados no meio digital é uma terminologia frequente e presentes em textos que discutem sobre temática, reconhece-se essa como válida, porém, será feito um uso moderado do termo neste texto, pois tomando parte do ponto de vista de Lévy (1996), o modo imaterial ao qual se configuram não as priva da condição de realidade e existência. Dessa maneira, termos como digital, computacional e *online* também serão utilizados para marcar a intangibilidade das exposições citadas.

4.2.2 Aspectos Históricos

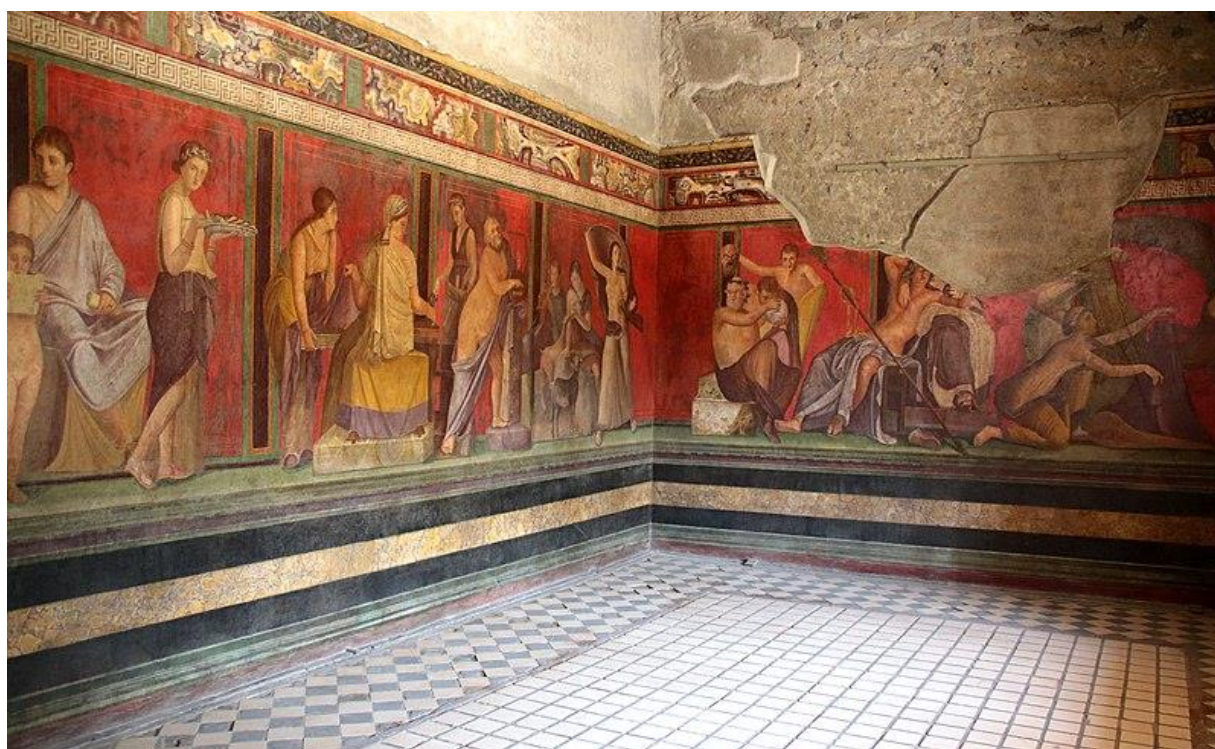
4.2.2.1 Ambientes Arquitetônicos Imersivos: da Antiguidade ao Barroco

Características presentes na simulação de espaços tridimensionais navegáveis, a partir de imagens 360 ou gráficos 3D, como a imersão, a multiplicidade de pontos de vista e o uso da perspectiva, podem ser observadas em diversos momentos da História da Arte, desde os afrescos que tomam todas as paredes de salas de construções da Antiguidade e da Idade Média, a perspectiva de pinturas totais de ambientes renascentistas e barrocos e os panoramas do século XIX. Alguns exemplos relevantes são citados em *Arte Virtual: da Ilusão à Imersão*, o historiador de arte Oliver

Grau (2003) apresenta uma análise sobre obras e espaços imersivos ao longo da história.

O registro mais antigo apontado refere-se às ruínas de Pompéia, a partir de afresco disposto de forma contínua nas paredes de uma das salas da Vila dos Mistérios (Figura 2), datado de 60 d. C., proporcionando uma visão 360 do observador à cena mítica representada, segundo o autor *“the main illusionistic intention of the fresco, which seeks to meld the observer spatially with the mythical scene, demands a pictorial form that will envelop the observer hermetically”*⁸ (GRAU, 2003, p. 27) .

Figura 2 - Vista de afresco na Vila dos Mistérios, em Pompeia



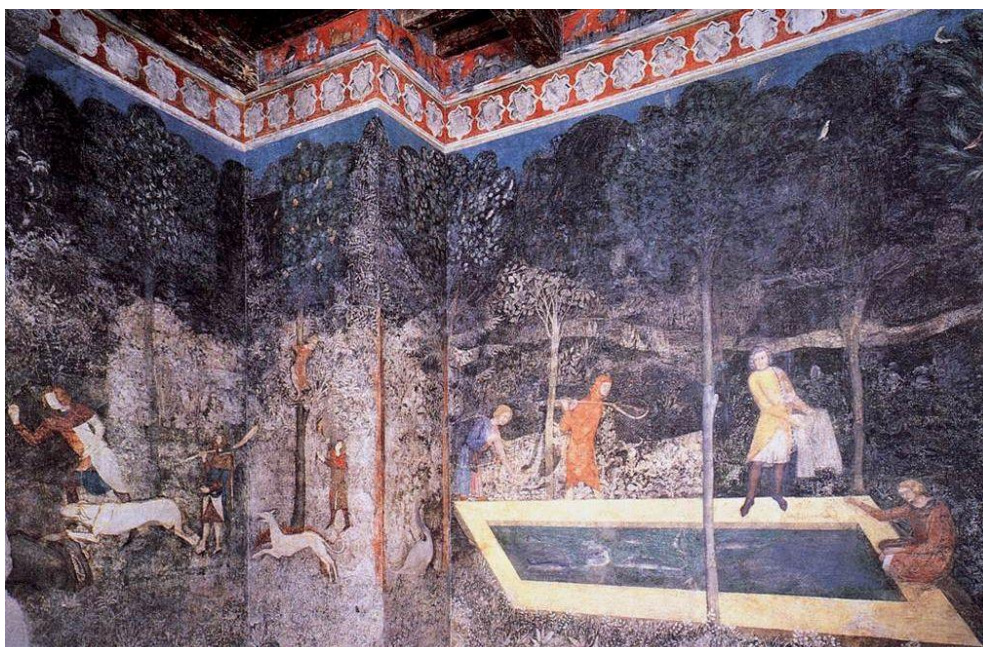
Fonte: Raffaele Pagani (2019)⁹.

⁸ Em tradução nossa “A principal intenção ilusionista do afresco, que busca fundir o observador espacialmente com a cena mítica, exige uma forma pictórica que envolverá o observador hermeticamente”.

⁹ Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Villa_dei_Misteri_-_Pompei.jpg>. Acesso em: 15 jan. 2021.

Os espaços de ilusão da tradição europeia, a qual centra-se a pesquisa de Grau (2003), estão também presentes em outros momentos da história, como o afresco da sala *Chambre du Cerf* (Figura 3), no Palácio dos Papas em Avignon, datado a 1343 e atribuído ao pintor italiano Matteo Giovannetti, cuja cena de caça em uma floresta cobre todas as paredes sem elementos de enquadramento; as cenas religiosas do pintor e escultor italiano Gauzendio Ferrari no *Sacro Monte di Varallo* (Figura 4), realizadas no século XVI, em que foi utilizada a combinação do afresco ilusionístico com esculturas tridimensionais, o que permite que *“the observer views in close proximity, endows the scene with an immersive presence that draws the observer in to become a part of the mise-en-scene”*¹⁰ (GRAU, 2003, p. 44); e a sala *La Camera Degli Sposi* (Figura 5), executada entre 1465 e 1474, por Andrea Mantegna, considerado pelo autor como precursor dos panoramas de teto barrocos popularizados do século XVI em espaços sagrados, como a nave de *Sant’Ignazio* (Figura 6) de Andrea Pozzo, realizada entre 1688 e 1694 em Roma.

Figura 3 - *Chambre Du Cerf*, por Mateo Giovannetti, no Palácio do Papas em Avignon



Fonte: *Web Gallery of Art*¹¹.

¹⁰ Em tradução nossa: “o observador vê de perto, dota a cena com uma presença imersiva que atrai o observador para se tornar uma parte da encenação”.

¹¹ Disponível em: <<https://www.wga.hu/support/viewer/z.html>>. Acesso em: 15 jan. 2021.

Figura 4 - Capela 28 - A crucificação, por Gaudenzio Ferrari, no Sacro Monti di Varallo



Fonte: Site Sacri Monti¹².

Figura 5 - Detalhe do teto de *La Camera Degli Sposi*, de Andrea Mantegna, em Mântua



Fonte: Site Traveling in Tuscany¹³.

¹² Disponível em: <<https://www.sacrimonti.org/sacro-monte-di-varallo/punto-di-interesse/-/d/cappella-38-la-crocifissione>>. Acesso em 15 jan. 2021.

¹³ Disponível em: <<http://www.travelingintuscany.com/arte/andreamantegna/cameradeglisposi.htm>>. Acesso em 15 jan. 2021.

Figura 6 - Vista do teto da nave Sant'Ignazio, por Andrea Pozzo, em Roma



Fonte: *Web Gallery of Art*¹⁴.

4.2.2.2 O Panorama

A representação de um espaço a partir de imagens panorâmicas durante o século XVIII, foi majoritariamente utilizada em função de interesses militares, em que o registro preciso e detalhado de vistas panorâmicas de uma paisagem eram uma ferramenta para controle e planejamento de operações por algumas nações europeias em seus territórios ocupados. Para garantir a precisão dos desenhos, o uso de princípios da perspectiva e instrumentos ópticos, como câmera escura, eram utilizados na construção dos registros.

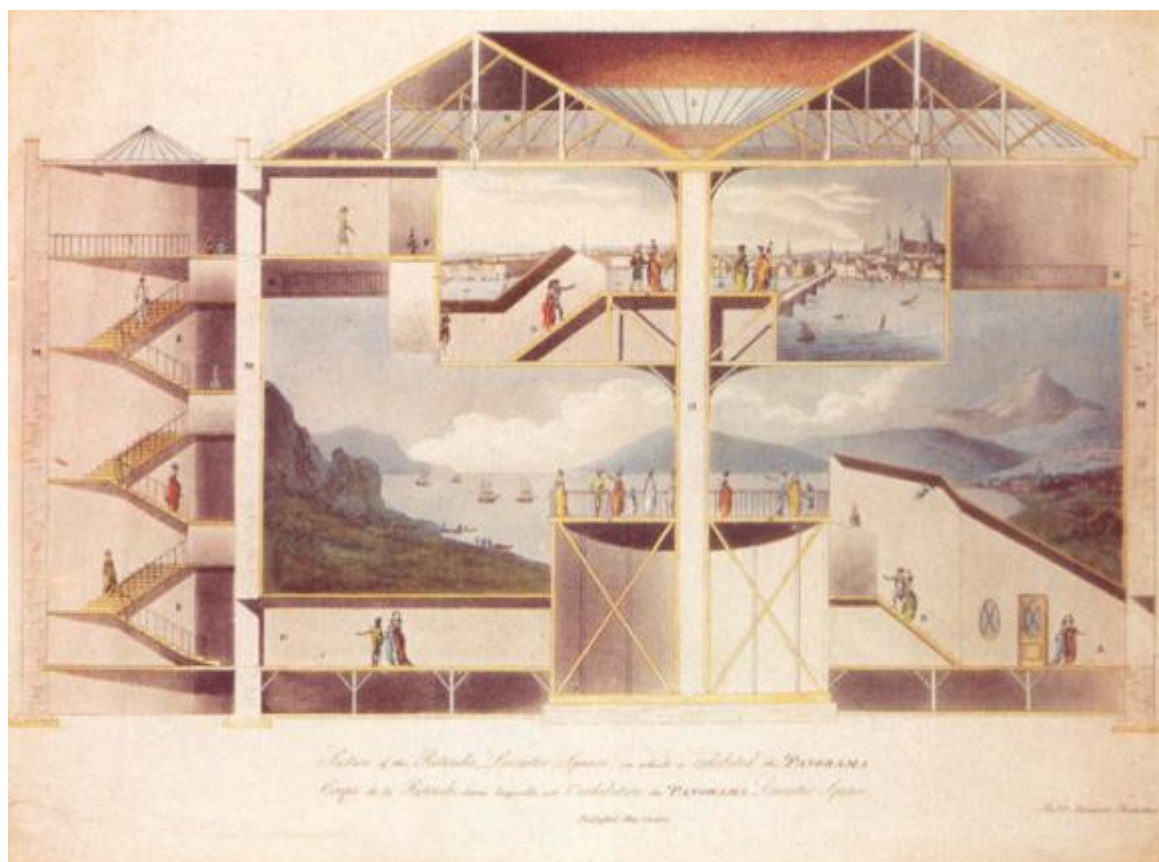
Em 1787, o pintor inglês Robert Barker patenteou um processo que nomeou como “la nature a` coup d’oeil” (natureza em relance), que posteriormente passou a ser conhecido como "panorama" (GRAU, 2003, p.56). A técnica consistia no registro de uma paisagem em uma vista 360º disposta em uma tela circular de forma tão

¹⁴ Disponível em: <https://www.wga.hu/support/viewer_m/z.html>. Acesso em 15 jan. 2021.

fidedigna que a pintura fosse indistinguível de sua representação. Para garantir tal efeito, Barker desenvolveu um sistema de curvas para que a paisagem não parecesse distorcida na superfície côncava.

Durante o final do século XVIII o século XIX, popularizou-se a construção de espaços públicos com o uso de rotundas, em que as telas panorâmicas eram exibidas com o intuito de transportar o observador ao lugar representado, desta forma, toda a arquitetura do ambiente era projetada de modo a enfatizar a imersão. A primeira rotunda projetada por Barker (Figura 7) foi inaugurada em 1793, em Londres, na Leicester Square, como uma atração cultural, e media cerca de 27 m de diâmetro e 17 m de altura (HERMANN, 2016, p.270).

Figura 7 - Seção da Rotunda de Barker, Leicester Square, 1801, por Robert Mitchel. Água-tinta colorida. 28,5 x 44,5cm



Fonte: Site Open Edition Journals¹⁵.

¹⁵ Disponível em: < <https://journals.openedition.org/artelogie/796?lang=en> >. Acesso em 15 ja. 2021.

Para propiciar a ilusão da imersão, além da perspectiva adequada, a estrutura contava com uma plataforma elevada, que controlava a altura de visão e a distância do ponto de vista do observador da tela, impedindo que chegasse muito próximo à superfície; com um teto alto que impedisse a visualização da borda superior da tela; com claraboias dispostas de modo garantir iluminação natural à pintura, porém mantendo a plataforma central com pouca iluminação, e com grandes dimensões que exigiam o deslocamento dos visitantes pelo espaço para sua visualização a partir de diversos pontos de vista.

Observa-se que certos aspectos presentes na concepção dos panoramas do século XIX permanecem na simulação de espaços a partir de fotografia 360° ou gráficos 3D em mídias digitais na atualidade. Em ambos há uma intenção de possibilitar alguma forma de acesso do observador à aspectos visuais do local simulado a partir de uma representação pictórica, e tal localidade pode ser de difícil alcance devido à distância espacial em relação ao observador ou por ser um espaço concebido matricialmente em ambiente digital, no caso de simulações realizadas a partir das últimas décadas do século XX, sem uma referência física específica. O contato com essas informações visuais desses ambientes de forma imersiva, portanto, permitiria que os visitantes pudessem "conhecer" os lugares representados, sem deslocar-se fisicamente até ele, a partir dos recursos oferecidos pelas mídias utilizadas para apresentá-los.

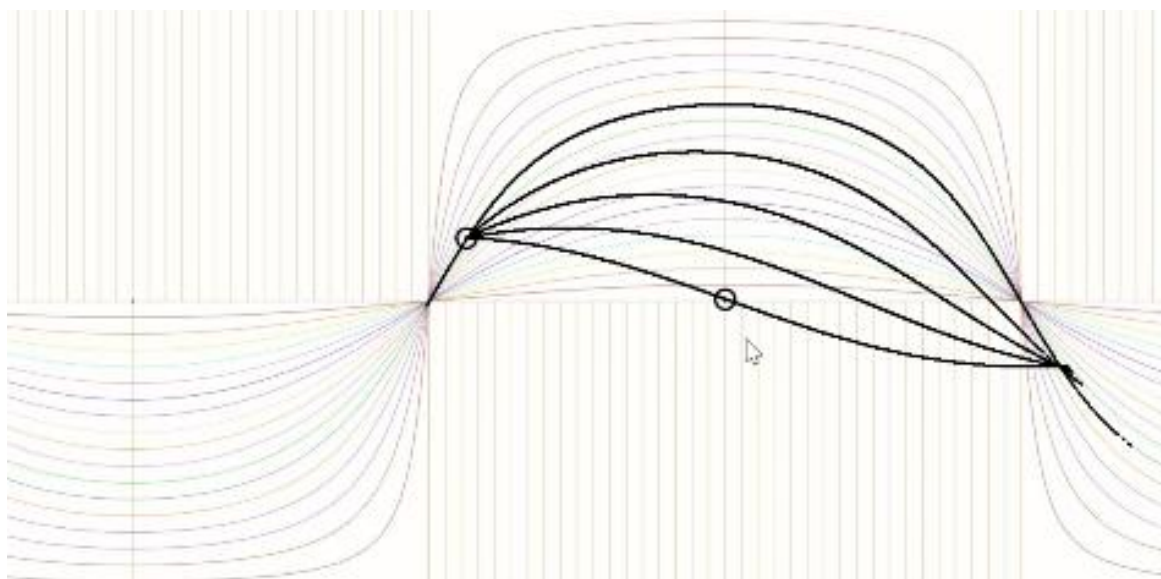
A veracidade das representações de espaços tridimensionais de imagens panorâmicas necessita de técnicas próprias quanto seu registro em perspectiva. Grau (2003, p. 57) comentou que Barker utilizava de métodos empíricos para definir a curvatura das linhas do desenho que evitariam a distorção da ilusão tridimensional representada quando disposta em superfície circular. Câmeras e aplicativos de captura em 360° realizam distorções no registro da fotografia, resultantes da programação da câmera, visando a verossimilhança da imagem panorâmica final em modo de visualização 360°. Apesar da variação de métodos, automatizados por softwares ou manuais, o registro bidimensional dos espaços 3D é construído a partir de conceitos da perspectiva esférica *equirretangular*, em que linhas que seriam representadas como retas na perspectiva linear são apresentadas como curvas.

A discussão sobre a construção das distorções de vistas panorâmicas ainda está presente em estudos atuais. António Araújo (2019) apresenta uma ferramenta para construção e aprendizagem em espaços representados em perspectiva esférica *equirretangular*, o programa *Eq A Sketch 360*, constituído de uma interface de linhas guias e comandos que garantem que a ligação de dois pontos do desenho resulte em segmentos geodésicos. Ao descrever a construção da perspectiva no programa, Araújo afirma que “*straight lines are deformed into curves. In the VR panorama the line deformations are gone, and only one vanishing point of each line may be seen at a time, but the view can be rotated freely.*”¹⁶(ARAÚJO, 2019, p. 2).,

Ao comparar o método utilizado em seu programa aos processos usualmente realizados por computadores na deformação da perspectiva para a representação da imagem em um plano bidimensional, Araújo (2019) aponta que com o computador não há uma codificação explícita dos pontos de fuga nos *renderizadores* mais utilizados para esse fim, de modo a imagem ser construída ponto a ponto, em muitas etapas, sem uma consideração direta da estrutura geométrica. Em *Eq A Sketch 360*, a construção da imagem é realizada a partir de critérios formais da perspectiva esférica *equirretangular*, como pontos de fuga, linhas geodésicas (Figura 8) e uso da simetria, cujo aspecto didático visa demonstrar princípios para a execução de desenhos de panoramas a mão a partir de um pequeno número de operações.

¹⁶ Em tradução nossa: “linhas retas são deformadas em curvas. No panorama VR, as deformações de linha desaparecem e apenas um ponto de fuga de cada linha pode ser visto por vez, mas a vista pode ser girada livremente.”

Figura 8 - Área de trabalho do programa *Eq A Sketch 360* e demonstração de construção de linhas paralelas por geodésicas



Fonte: Site Universidade Aberta de Portugal¹⁷.

Outra característica relevante dos panoramas, assim como outras experiências com a utilização de imagens com vista em 360° passadas e contemporâneas, determinantes para como o observador irá relacionar-se com o ambiente ou a obra, está na multiplicidade de pontos de vista. A impossibilidade de visualizar a totalidade de uma imagem em 360° a partir de um único ponto de vista em função do campo de visão do olho humano, exige o movimento do observador, seja a partir do deslocamento do corpo físico ou pelo movimento em um ambiente computacional a partir da interação por dispositivos de entrada, como *mouse*, teclado e telas sensíveis ao toque. Comparado a pinturas planas ou obras que prioritariamente possuam apenas um ponto de visualização, o panorama possibilita ao observador grande liberdade quanto ao modo que visualizar a obra. Em pinturas planas, é possível que o artista estrategicamente induza o caminho do olhar do observador e proponha mais de um ponto de vista, é o caso de *As Meninas* (Figura 9) de Diego Velázquez (1656), cuja estrutura dos elementos coloca o observador na condição simultânea de ver e ser visto pelo quadro, como aponta Michel Foucault (2000, p.5) “olhamos um quadro

¹⁷ Disponível em: <<http://www.univ-ab.pt/~aaraujo/eqasketch360.html>>. Acesso em 18 jan. 2021.

de onde um pintor, por sua vez, nos observa”, contudo, ainda possui menos lugares de observação quando comparada a imagem 360°.

Figura 9 - VELÁZQUEZ, Diego. *As Meninas*. 1656. Óleo sobre tela, 318 x 276 cm. Museu do Prado, Madrid



Fonte: Museo Nacional del Prado¹⁸.

Todavia, é preciso atentar-se que o movimento do observador ao visualizar imagens panorâmicas não é de todo livre. No caso dos panoramas de Barker e do século XIX, como já foi descrito, era construída uma estrutura com o intuito de que o observador sempre tivesse uma visão verossímil e imersiva da imagem, delimitando

¹⁸ Disponível em: <<https://www.museodelprado.es/coleccion/obra-de-arte/las-meninas/9fdc7800-9ade-48b0-ab8b-edee94ea877f>>. Acesso em 18 jan. 2021.

a área em que esse poderia locomover-se, de modo que as possibilidades de visualização dependeriam de intenções definidas pelo autor na construção desses espaços e das tecnologias utilizadas.

O panorama, portanto, apresenta conceitos de imersão e ilusão da tridimensionalidade, com estratégias de localização do observador e uso da perspectiva que se transpõem aos ambientes digitais navegáveis com visão 360°.

4.2.2.3 Computação Gráfica Tridimensional

O advento da computação gráfica concretizou-se a partir dos avanços das interfaces gráficas e sistemas de interação do humano com o computador durante a década de 1960 e 1970, viabilizados pelo desenvolvimento de linguagens de programação baseadas em gráficos e processadores gráficos adequados à computação, que possibilitaram a representação e a manipulação de modelos bi e tridimensionais a partir da tela bidimensional de visualização do computador.

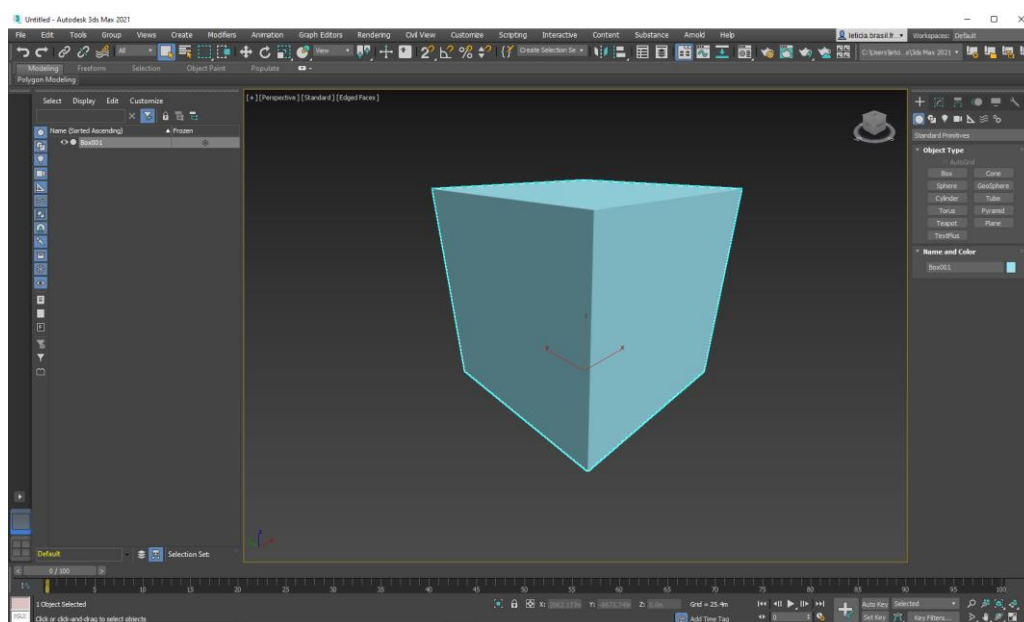
Segundo a ISO/IEC 2382 Parte 13 de 1996, a computação gráfica é definida como um “conjunto de métodos e técnicas de converter dados de um dispositivo gráfico, via computador”. Para a construção da imagem digital, essa precisa estar codificada na linguagem da máquina, sistematizada em uma lógica matemática, para sua visualização na tela do computador a partir de sua representação em *pixels*, segundo Edmond Couchot (1993, p.39) “cada *pixel* é um permutador minúsculo entre imagem e número”. E os processos de tradução da informação visual para a legibilidade e comunicação entre computador e ser humano culminam no modo de interação e percepção do observador com a imagem digital e expressam os conceitos de representação dominantes nesse meio.

Centrando-se nos gráficos tridimensionais, um aspecto presente em sua constituição, e que conduziu o direcionamento de tecnologias voltadas a representação visual tridimensional digital ao longo da história da computação gráfica, foi o anseio de reproduzir visual e funcionalmente o mundo concreto. Sobre as pesquisas e avanços durante a década de 1960, Alberto Lucena (2002, p.209) afirma

que “o mundo real fornecia os modelos, e a meta estava em alcançar a produção de imagens realísticas”. Assim, durante a década de 1970, período em que processadores gráficos adequados a computação gráfica chegam ao mercado (LUCENA, 2002, p.216), os algoritmos desenvolvidos para a criação de objetos tridimensionais, manipulação de sua forma, implementação de texturas e iluminação, e visualização no plano bidimensional da tela encaminharam-se para tal objetivo.

Um primeiro ponto relevante em relação ao aspecto realístico da computação gráfica tridimensional está na descrição do objeto utilizando-se de coordenadas espaciais, constituídas de três eixos (x, y e z), o que atende a necessidade do computador de descrição da forma a partir de números e converge com um modelo de representação da tridimensionalidade historicamente utilizado, a projeção em perspectiva (Figura 10). A localização do objeto e sua forma conformam-se em função dos valores atribuídos às coordenadas de seus vértices, a partir dos quais derivam suas arestas e suas faces, e assim, sua manipulação ocorre com a alteração dos valores numéricos das suas coordenadas, possibilitando realizar operações como translação, rotação, escalonamentos, reflexão e metamorfoses.

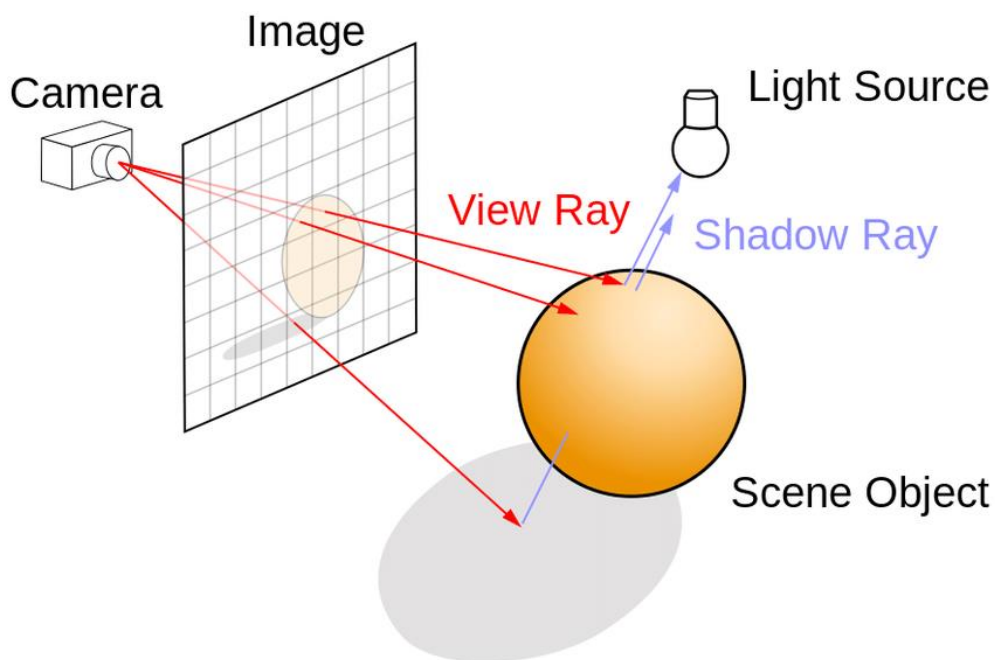
Figura 10 - Visualização de um cubo em perspectiva no *software* de modelagem 3D Autodesk 3ds Max 2021



Fonte: Autora (2021).

Ainda a respeito da representação realística, a base numérica das imagens digitais permite, a partir das fórmulas matemáticas adequadas, atribuir comportamentos aos objetos modelados de modo a simular fenômenos do espaço concreto. Um exemplo notável de simulação é o modelo de iluminação *ray-tracing* (traçado de raios), em que cada raio de luz, em muitos casos seguindo a relação de um raio para cada pixel da imagem, é descrito e exibido do momento que é emitido pela fonte até sua extinção e só formam a imagem os raios projetados na tela de exibição, constituindo uma relação com o caminho da luz refletida por elementos visíveis no espaço até o olho humano (Figura 11). Segundo Arlindo Machado (2001, p.83), a qualidade dos resultados do método provém de sua proximidade com o comportamento da luz na natureza como descrito pela óptica, em que são considerados fatores como reflexos, transparências e índices de refração para os materiais atribuídos ao objeto modelado, tratando, portanto, de “um caso raro em computação gráfica, em que a simulação da imagem coincide com a simulação da natureza” (MACHADO, 2001, p. 83).

Figura 11 - Esquema de caminho da luz em *ray-tracing*



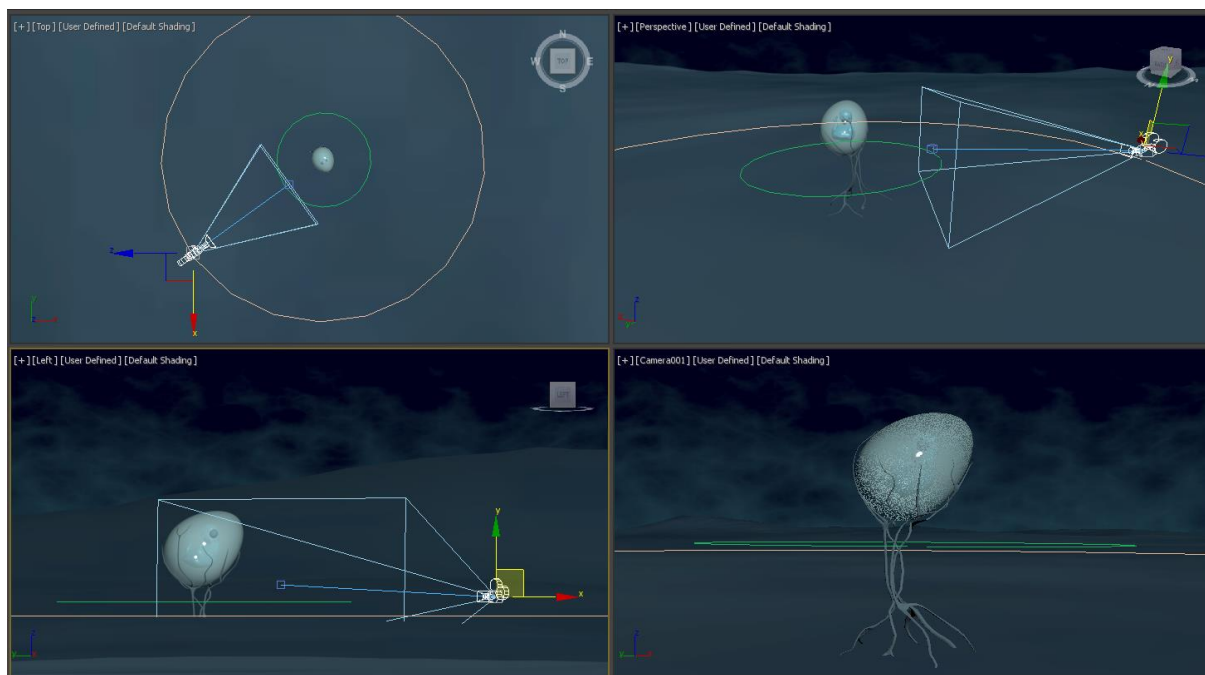
Fonte: LOUW, Jobert & RIX, Arnold (2019).

Porém, a descrição matemática em algoritmos não é tão exata para muitos fenômenos da natureza, Machado (2001, p. 111) aponta que “algumas imagens são mais ‘calculáveis’ do que outras, mas nem toda imagem pode ser *a priori* e imediatamente descrita por um algoritmo”, é o caso das expressões faciais humanas e das formas orgânicas da natureza, como a distribuição de folhas em árvores, montanhas e fluídos. Esses fenômenos dinâmicos e não-lineares, resistentes à formalização, são possíveis de serem representados com proximidade de semelhança com a utilização da geometria fractal, em que a dimensão do objeto é expressa por números fracionários.

A conformação do realismo da computação gráfica, além das necessidades associadas à lógica matemática da linguagem computacional, carrega convenções de representação de mídias anteriores, consideradas como visualmente verossímeis quanto ao registro do espaço físico. É o caso da representação de borrões em movimentos rápidos em filmes da *Lucasfilm* (MACHADO, 2001, p. 59), aspecto visual típico da fotografia, resultante do fator técnico do tempo de captura da câmera analógica, mas não presente no computador. A imagem gerada pela câmera digital, sem os borrões, causava estranhamento e era considerada menos realista que a da câmera analógica, cuja fotografia resulta de um registro a partir dos raios de luz provenientes de elementos fotografados e era considerada a mídia de maior realismo visual. Nesse caso, observa-se não uma simulação direta da natureza, mas uma simulação da fotografia.

A simulação de outras mídias é presente também no modo de visualização dos gráficos tridimensionais, em que o plano de visão do observador é resultante de recursos baseados no funcionamento de câmeras cinematográficas. Em softwares de modelagem e animação tridimensional e na programação de gráficos 3D, a ferramenta que determina o ponto de vista para a imagem a ser renderizada simula uma câmera (Figura 12), em que se pode manipular seu posicionamento, movimentação e configurações de captura e lentes semelhantes às das câmeras físicas.

Figura 12 - Utilização da ferramenta câmera no *software* de modelagem 3D Autodesk 3ds Max 2021



Fonte: Cena tridimensional produzida para curta de animação *Ovo do Anjo*, realizada pela autora e disponível na exposição *2020 Art Found/Not Found*¹⁹ (2020).

Esses aspectos de construção e manipulação, estruturados a partir de coordenadas espaciais e convenções de representação realística, assim como a interação em tempo real com gráficos digitais, contribuem para o potencial imersivo e a multiplicidade de pontos de vista de ambientes tridimensionais computacionais. No espaço de games, realidade virtual ou qualquer aplicação de ambiente interativo constituído de gráficos tridimensionais, o observador possui uma visão 360º do ambiente digital, e pode navegá-lo alterando seu plano de visão, assim como nos panoramas e em ambientes digitais construídos a partir de fotografias 360º, porém, com o acréscimo quanto à imersão e a ilusão da tridimensionalidade, ao poder deslocar-se internamente na estrutura do ambiente.

Percebe-se que a intencionalidade de verossimilhança ao longo do desenvolvimento da computação gráfica resulta em imagens que não simulam apenas a natureza, mas também convenções de representação de mídias consideradas

¹⁹ Disponível em: <<http://www2.eca.usp.br/realidades/2020notfound/work.html?id=8>>. Acesso em 25 fev. 2021.

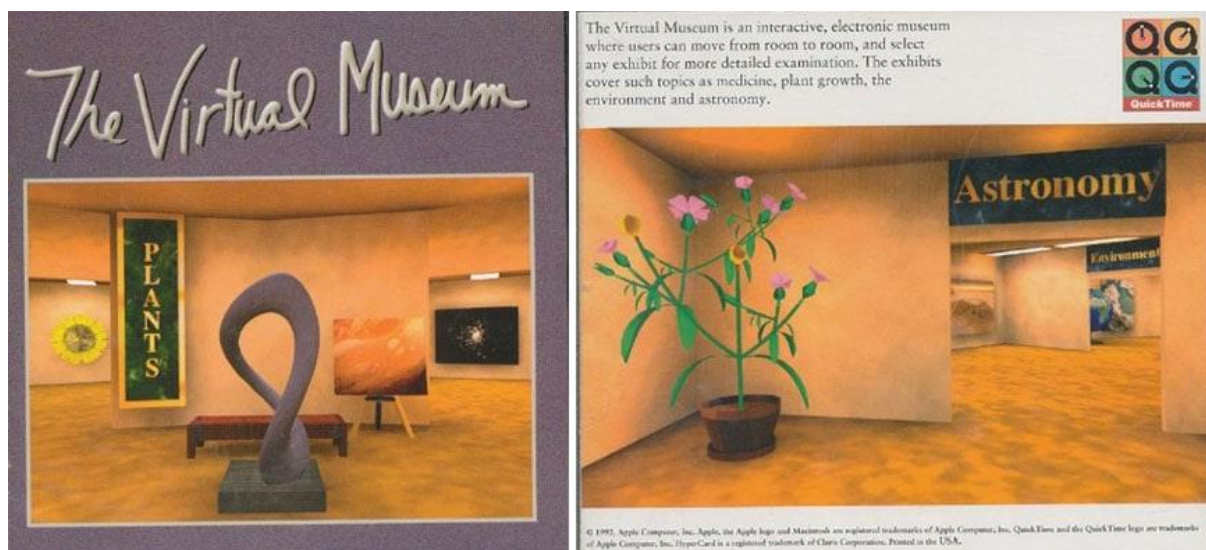
realistas, e que o aspecto numérico e desmaterializado da imagem traz consigo propriedades próprias ao seu meio digital, com potencialidades deslocadas do espaço físico. Deste modo, a simulação presente em ambientes tridimensionais digitais pode tanto partir de um referencial físico, quanto de um conceito de espaço sem um referencial direto, aspecto relevante para a discussão do uso de gráficos tridimensionais em ambientes expositivos mais à frente.

4.2.2.4 Exposições Digitais

A distribuição de reproduções de obras físicas pertencentes ao acervo de museus é anterior ao advento da internet, livros de arte e catálogos de exposições exerciam e ainda exercem a função de acesso a informações visuais e conteúdos referentes às obras reproduzidas por essas mídias. A partir da difusão do computador pessoal, museus ainda investiram em mídias digitais para a disposição desses conteúdos em modo *offline*, como os *CD-ROMs*.

Erkki Huhtamo (2002, p.2) aponta que uma das primeiras experiências de criação de museus digitais em CD-ROM foi um disco de demonstração do *software QuickTimeVR*, pela Apple em 1992, chamado *The Virtual Museum* (Figura 13), que permitia a interação do usuário, a partir do uso do *mouse*, com a simulação tridimensional de três espaços museológicos, dos quais, um reproduzia aspectos convencionais de galerias de arte. Esse foi um exemplo que não reproduzia um espaço físico específico, mas no caso de *CD-ROMs* baseados em museus existentes, Huhtamo (2002, p.2) afirma que raramente simulavam o espaço tridimensional do museu referente, a exemplo dos *CD-ROMs Le Louvre* e *Hermitage*, sendo uma exceção o relativo ao *Musée d'Orsay* e, em geral, apresentavam informações úteis e básicas sobre suas principais obras, reconhecidos pelos usuários mais como um complemento, do que uma substituição do museu físico.

Figura 13 - Capa do CD-ROM *The Virtual Museum*, lançado em 1992 pela Apple Computer Inc.



Fonte: Site *Inexhibit*.²⁰

Com a popularização da rede mundial de computadores, em função da disponibilização de navegadores eficientes para a exibição de imagens, como o *Mosaic*, lançado em 1993 (BLUME, 2017, p.98), a reprodução de obras e a concepção de arte *online* torna-se viável. Na *web*, museus podem disponibilizar informações sobre suas exposições, acervo e imagens de obras em exibição a partir de seus *sites*, e trabalhos concebidos em mídias digitais e para *web* podem ser distribuídos de modo independente ou vinculados a exposições *online*. Nesse contexto da década de 1990, tornou-se popular o termo “Net art” (BLUME, 2017, p.98), para se referir às práticas artísticas criadas, existentes e experimentadas na *web*, que exploravam sua infraestrutura.

As primeiras iniciativas de disponibilização de informações sobre obras e museus no meio *online*, no entanto, foram realizadas por entusiastas culturais antes que os museus organizassem seus próprios *sites* (SCHWEIBENZ, 2019, p.12). É o caso do *WebMuseum*²¹, inicialmente chamado de *WebLouvre*, mas que precisou mudar de nome por reivindicação do próprio museu, criado em 1994 pelo estudante

²⁰ Disponível em: <<https://www.inexhibit.com/case-studies/virtual-museums-part-1-the-origins/>>. Acesso em 20 fev. 2021.

²¹ Disponível em: <<https://www.ibiblio.org/wm/paint/>>. Acesso em 21 fev. 2021.

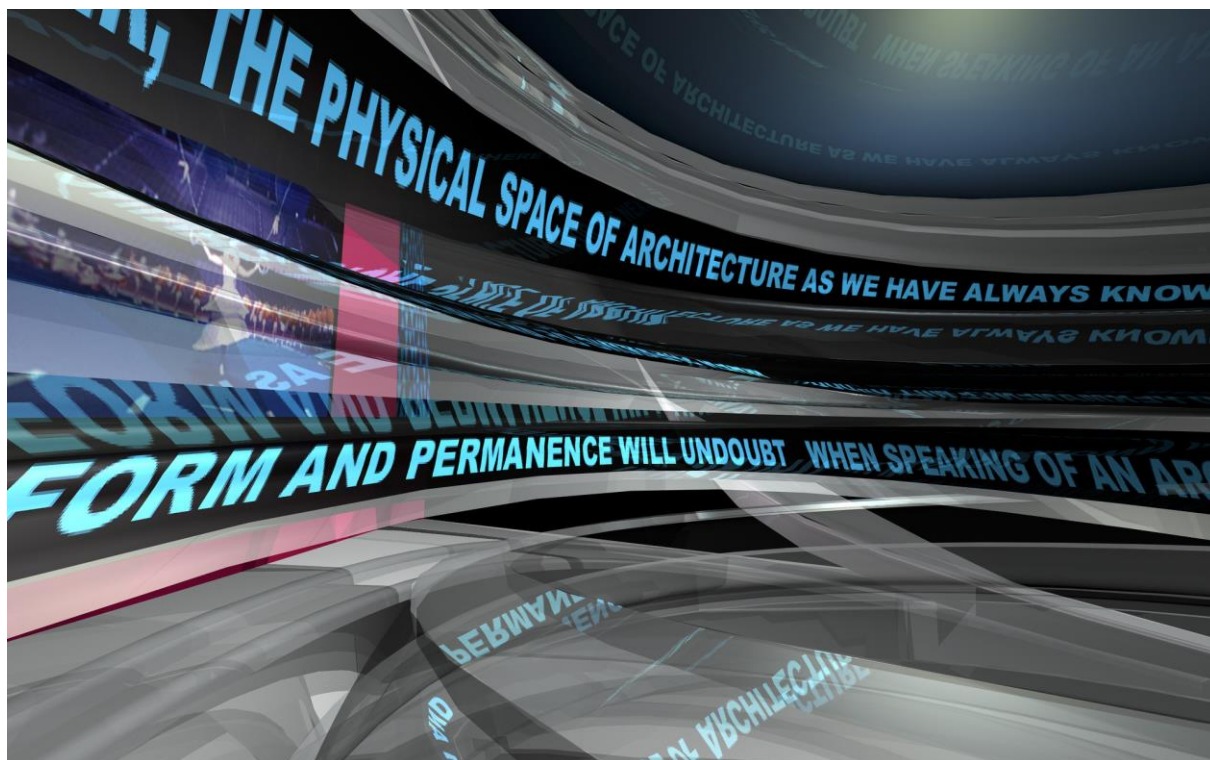
francês Nicolas Pioch, com a proposta de tornar o conteúdo cultural acessível a todos, disponibiliza textos e digitalizações de obras provenientes de diferentes fontes.

Além da distribuição de obras na rede, é presente no cenário da arte, a reprodução e a criação de exposições *online*. Comumente denominadas de exposições virtuais, podem ser apresentadas seguindo a estrutura hipertextual típica de *sites* presentes na *web*, com imagens e textos organizados em páginas, cuja navegação se dá a partir de links associados a esses; ou simulando um ambiente expositivo tridimensional, buscando reproduzir o deslocamento do observador em um espaço físico.

No segundo caso, uma das formas de simular o espaço é a partir de gráficos tridimensionais, possibilidade que se torna acessível na *web* com disponibilidade de linguagens e formatos de arquivos otimizados para exibição e interação com gráficos 3D *online*, anteriormente restritas a *softwares* e *hardwares* específicos, a exemplo de iniciativas de instituições de arte e educacionais em criar versões digitais de seus espaços físicos no *Second Life* (BLUME, 2017, p.100) durante o ápice, no início da década de 2000, do ambiente digital tridimensional com interação entre avatares, que necessita de um software para uso.

Em 1997, foi lançado o formato VRML (*Virtual Reality Modeling Language*), que permite a descrição de uma cena tridimensional, conteúdo e aparência, a partir de texto, e cuja exibição em navegador era possível a partir do uso de aplicativos e *plugins* (EVANS *et al.*, 2014, p.45). Um exemplo de aplicação dessa tecnologia no meio museológico foi o *Guggenheim Virtual Museum* (Figura 14), encomendado pela *Guggenheim Foundation* e projetado pela *Asymptote Architecture* em 1999, foi concebido para ser um objeto tridimensional navegável, sem basear-se no edifício da instituição projetado por Frank Lloyd Wright, atuando como um centro digital para todos os espaços Guggenheim ao redor do mundo (BIANCHINI, 2014).

Figura 14 - Interface de entrada *Guggenheim Virtual Museum*, por Asymptote Architecture em 1999

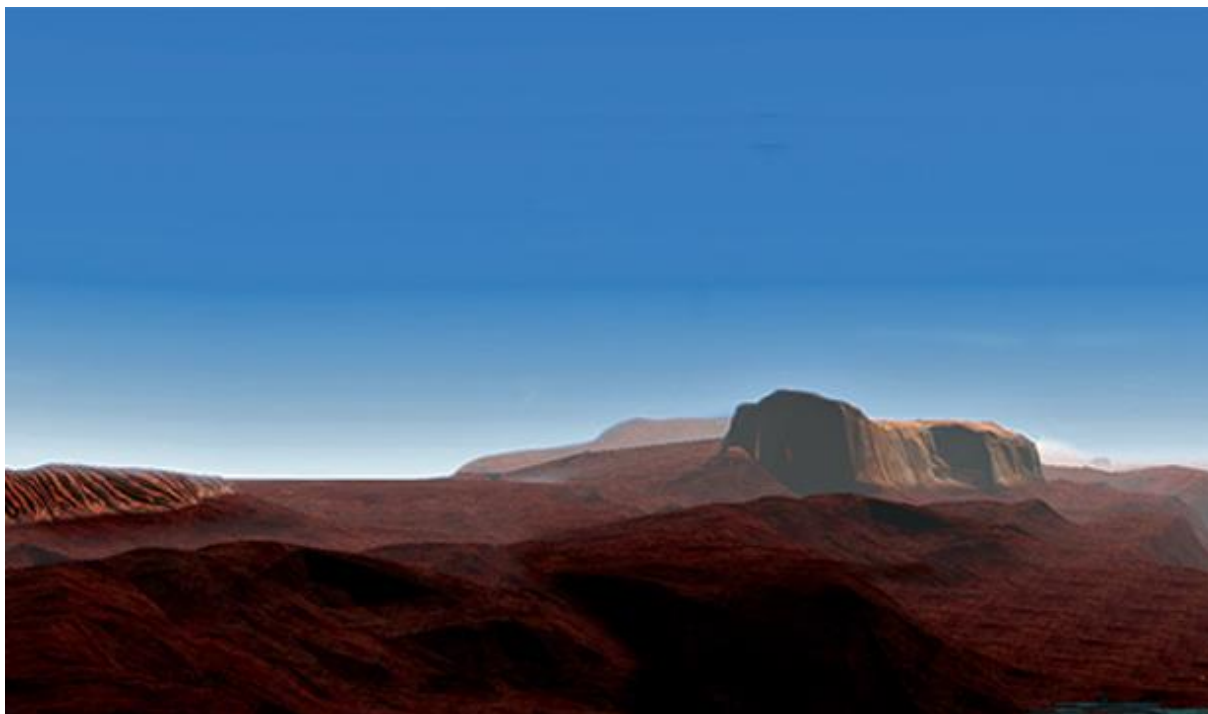


Fonte: Site *E-flux*²².

Há ainda exemplos notáveis de trabalhos artísticos que se utilizam de recursos de concepção de gráficos tridimensionais para *web*. É o caso do projeto *Desertesejo* (Figura 15), de Gilberto Prado, realizado no programa Rumos Itaú Cultural Mídias Interativas, em 2000, descrito pelo autor como “um ambiente virtual interativo multiusuário para *web* que explora poeticamente a extensão geográfica, as rupturas temporais, a solidão, a reinvenção constante e a proliferação de pontos de encontro e partilha” (PRADO, 2003, p.85). O ambiente tridimensional digital foi realizado utilizando VRML, disponibilizado *online*, e permitia a navegação do observador pelo espaço sob diferentes modos de visualização, interação com elementos desse e a comunicação entre visitantes.

²² Disponível em: <<https://www.e-flux.com/architecture/post-internet-cities/140714/learning-from-the-virtual/>> . Acesso em 22 fev. 2021.

Figura 15 - Vista geral do mundo monousuário da obra *Desertesejo*, de Gilberto Prado



Fonte: Site do autor Gilberto Prado²³.

Atualmente, para a exibição de gráficos 3D *online*, são principalmente utilizadas bibliotecas da linguagem *JavaScript*, como a *Three.js*, uma das mais populares para programação de cenas 3D a partir de *WebGL*, API lançada em 2011, que dispensa a instalação de *plugins* no navegador. A partir dos gráficos tridimensionais, além da reprodução fiel de ambientes expositivos, novos podem ser concebidos aproveitando-se de aspectos específicos do meio digital, descolado de leis da física do espaço tangível.

Outra forma popular de simular um ambiente tridimensional, porém mais utilizada na representação de um espaço físico existente, é a fotografia 360°. Com a facilidade de utilizar imagens, que não exigem grande capacidade de processamento, são compatíveis com diferentes dispositivos, e resultam em uma maior rapidez para montagem dos ambientes navegáveis, as “*tours* virtuais”, quando comparadas aos

²³ Disponível em: <<http://www.gilbertoprado.net/desertesejo.html>>. Acesso em 17 jul. 2021.

processos de modelagem e programação de gráficos 3D, são uma opção mais utilizada pelos museus para disponibilizar versões digitais de suas exposições. O *site Google Arts & Culture*, por exemplo, lançado em 2011, mantido pelo Google em colaboração com museus de diversos países, disponibiliza visitas *online* das galerias desses museus, construídas com fotografias 360°.

As escolhas técnicas e conceituais para a realização de exposições *online* resultam em diferentes tratamentos sobre aspectos do espaço tangível e digital e, em função de suas respectivas respostas, David Silver (1997, p.829) as caracteriza em três tipos: exposições *online* que replicam exposições de um local físico, cujo foco na experiência espacial tende a negligenciar a qualidade das reproduções e acesso a informações das obras; exposições que além de replicar uma exibição física, disponibilizam materiais adicionais, como uma versão expandida da exposição concreta; e exposições que não possuem um espaço físico como referência, existentes apenas *online*.

As exposições de arte digitais apresentam características próprias em função do meio em que se realizam, o que lhe atribui limitações e potencialidades em relação aos museus físicos. O fator da reprodutividade trás questionamentos quanto a autenticidade das obras em meio digital, segundo o pensamento de Walter Benjamin (1955), em “A obra de arte na era de sua reprodutibilidade técnica”, ensaio de grande relevância para a história da arte até a atualidade, “O aqui e agora do original constitui o conteúdo da sua autenticidade” (BENJAMIN, 1955), o qual estaria ausente até na reprodução mais perfeita e constitui o que denominou de “aura”.

Considerando-se as ideias de Benjamin (1955), ao observar reproduções digitais de pinturas, por exemplo, em que apenas parte da informação da obra pode ser expressa por essa via, pois a mais alta definição não transmite plenamente as texturas da tinta e a representação da cor é variada nas telas de diferentes dispositivos, se poderia concluir que a versão digital não é autêntica. Porém, existem visões que, ao comentar essa relação quanto às obras físicas, possuem uma outra abordagem, Ruth Perlin (1998, p.83) coloca digital e original como objetos distintos, para ela “*Looking at art and looking at a media presentation are not the same thing. Nevertheless, each experience - separate or intertwined- has its own reality and is thus*

an 'authentic' experience."²⁴ (PERLIN, 1998, p.83). No caso de obras criadas no digital, tem-se uma outra particularidade, pois essas são essencialmente reprodutíveis em seu próprio meio, uma cópia de um arquivo digital, pelo qual a obra se apresenta, é idêntica ao arquivo original, dessa forma, as concepções de original e autêntico não funcionam do mesmo modo que em obras tangíveis.

O meio digital ainda possui uma particularidade quanto suas relações espaço temporais, no caso das exposições *online*, o espaço fotografado ou criado tridimensionalmente pode ser experienciado enquanto estiver acessível na *web*, não depende da ocupação de um espaço físico específico por um determinado período de tempo, nem da localização do observador. Assim, duas exposições diferentes, exibidas em um mesmo espaço físico e em momentos diferentes podem estar disponíveis simultaneamente *online*, e ambientes tridimensionais digitais podem ser copiados para disposição de diferentes obras ao mesmo tempo.

Assim, considerando características de constituição da espacialidade e da navegabilidade de exposições digitais até a atualidade, a tendência de simular o espaço físico, mesmo que de modo genérico, traz questionamentos sobre a pouca exploração das potencialidades do meio digital. Helena Barranha (2012, p.183) comenta que apesar do exemplo do *Guggenheim Virtual Museum*, uma experiência que articula elementos do espaço informacional, de arte, comercial e arquitetônico, os museus não evoluíram como se poderia esperar. O meio digital, portanto, provoca adaptações na transposição das exposições para a apresentação *online*, porém, ainda existem possibilidades pouco exploradas, que podem contribuir para reinterpretações do conceito de galeria.

4.2.3 Exemplos Atuais de Exposições que Simulam o Espaço Tridimensional

A seguir serão analisados alguns exemplos de exposições que simulam a tridimensionalidade de um espaço, disponíveis *online* atualmente. Busca-se

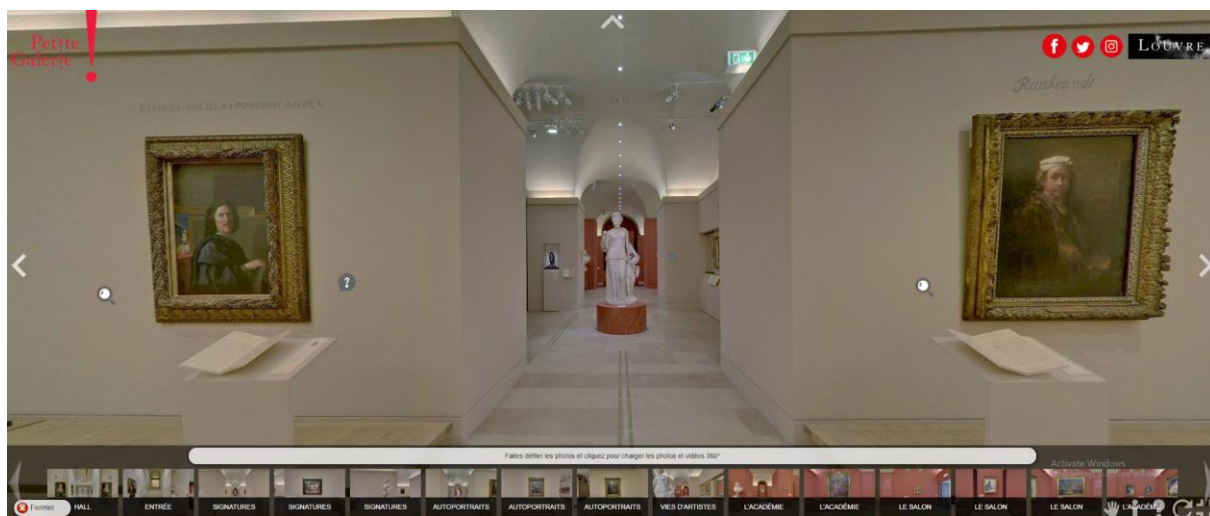
²⁴ Em tradução nossa: "Olhar para a obra de arte e olhar para uma apresentação em mídia não são a mesma coisa. No entanto, cada experiência - separada ou interligada - tem sua própria realidade e é, portanto, uma experiência "autêntica".

apresentar aspectos relativos à representação da espacialidade, local de disponibilização *online*, navegabilidade, e acesso e qualidade de visualização e informação das obras.

Observa-se entre as exposições que replicam um espaço físico, a predominância do uso de fotografia 360° para a montagem de visitas online, disponibilizadas a partir do *site* próprio da instituição ou associada ao *site Google Arts & Culture*.

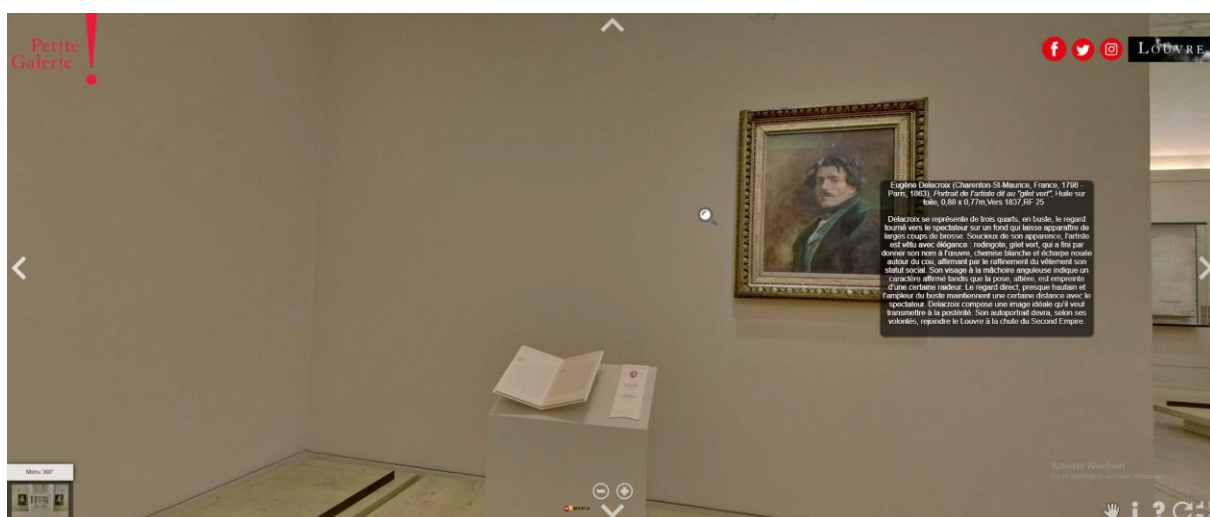
O *Museu do Louvre*, atualmente, disponibiliza *tours online* das exposições presentes na *Petite Galerie*, espaço dedicado à educação artística e cultural dentro do museu, que podem ser acessadas a partir do *site* do *Louvre* ou da *Petite Galerie*. Na versão digital da exposição *Figure d'artiste* (Figura 16), em cartaz entre 25 de setembro de 2019 e 5 de julho de 2021 no espaço físico do museu, juntamente a visualização das fotografias 360° do espaço expositivo, a interação se dá a partir de ícones, que possuem animações constantes, para deslocamento de um ambiente ao seguinte, e exibição de informações textuais (Figura 17) e imagens em alta qualidade das obras de modo ampliado (Figura 18), que complementam a captura pouco detalhada das obras na fotografia 360°. Complementando a navegação, no canto inferior esquerdo da interface de visualização, há um menu em que se pode deslocar diretamente a diferentes sessões da exibição e as imagens são rotacionadas automaticamente caso o observador não se movimente pela interface.

Figura 16 - Vista do *tour online* da exposição *Figure d'artiste*, no espaço *Petite Galerie* do Museu do Louvre



Fonte: Site *Petite Galerie*²⁵.

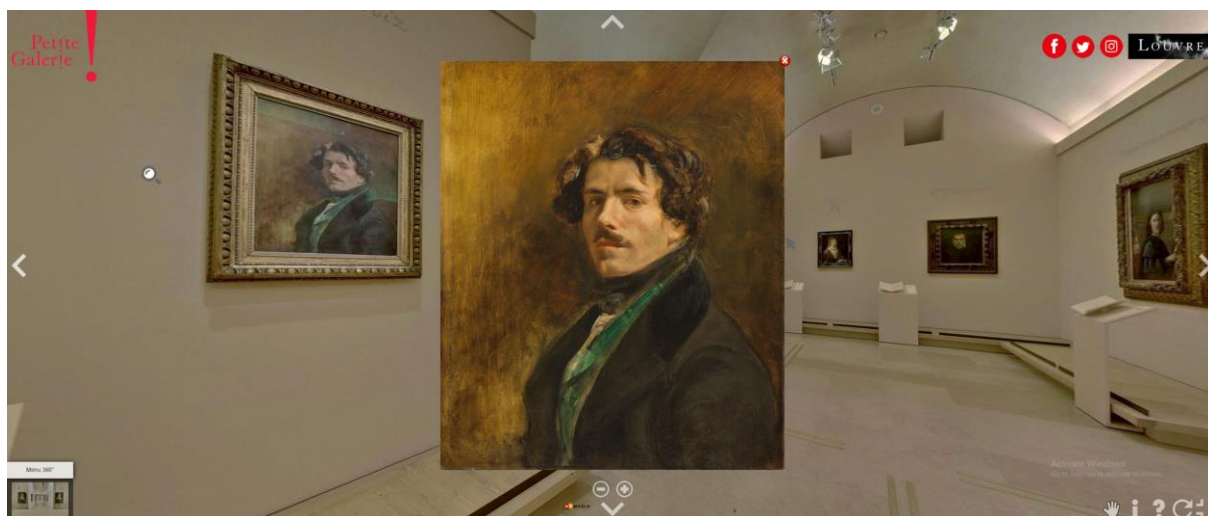
Figura 17 - Visualização de informações textuais sobre obras na *tour online* da exposição *Figure d'artiste*, no espaço *Petite Galerie* do Museu do Louvre



Fonte: Site *Petite Galerie*.

²⁵ Disponível em: <<https://petitegalerie.louvre.fr/visite-virtuelle/saison5/>>. Acesso em 29 set. 2020.

Figura 18 - Visualização de reprodução de obra em alta definição de imagem na *tour online* da exposição *Figure d'artiste*, no espaço *Petite Galerie* do Museu do Louvre

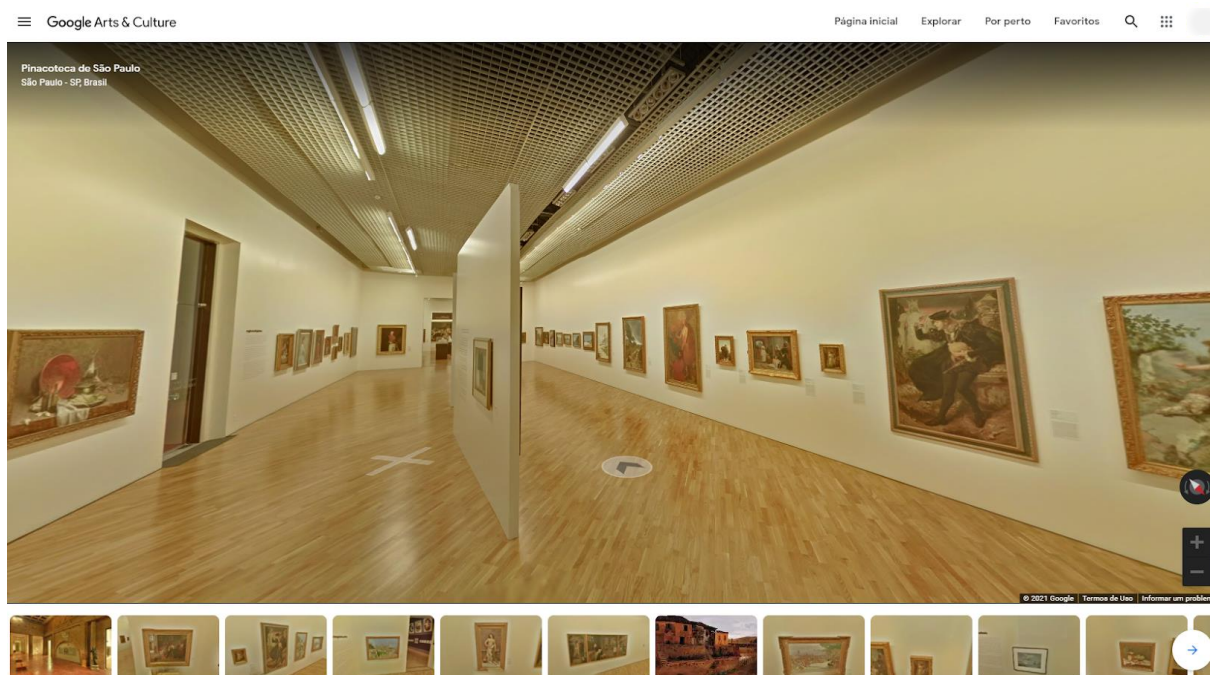


Fonte: Site *Petite Galerie*.

Muitos museus renomados no meio da arte disponibilizam visitas *online* no *site Google Arts & Culture*, como o *The Metropolitan Museum of Art* de Nova Iorque, Pinacoteca do Estado de São Paulo, *Musée d'Orsay* de Paris, *National Gallery* de Londres são alguns exemplos relevantes. Essas visitas possuem um padrão entre si, e a navegação é semelhante ao recurso *Google Street View* presentes no serviço *Google Maps* e no programa *Google Earth*, em que o deslocamento pelo ambiente ocorre a partir da seleção de setas que direcionam para um outro ponto de vista do espaço, e as *tours* ainda possuem um menu inferior para direcionamento para outras partes da exposição (Figura 19). Para uma visualização próxima do ponto de vista de um observador no espaço físico do museu, ao se apontar o *mouse* para uma obra, surge um retângulo translúcido branco que, ao ser clicado, direciona o observador a um ângulo de visão mais próximo ou paralelo à obra em questão (Figura 20). A partir desse mesmo retângulo, tem-se acesso à opção de ver uma imagem da obra em alta definição (Figura 21), da qual se pode realizar *download* e visualizar em realidade aumentada no aplicativo *Art Projector* (Figura 22), porém esses recursos só estão disponíveis para obras cuja reprodução em alta qualidade foi fornecida pelo museu da qual compõe o acervo, de modo que as que não possuem tal reprodução são restritas

à visualização capturada pelas fotos panorâmicas que, em geral, não entregam uma imagem em alta definição dessas.

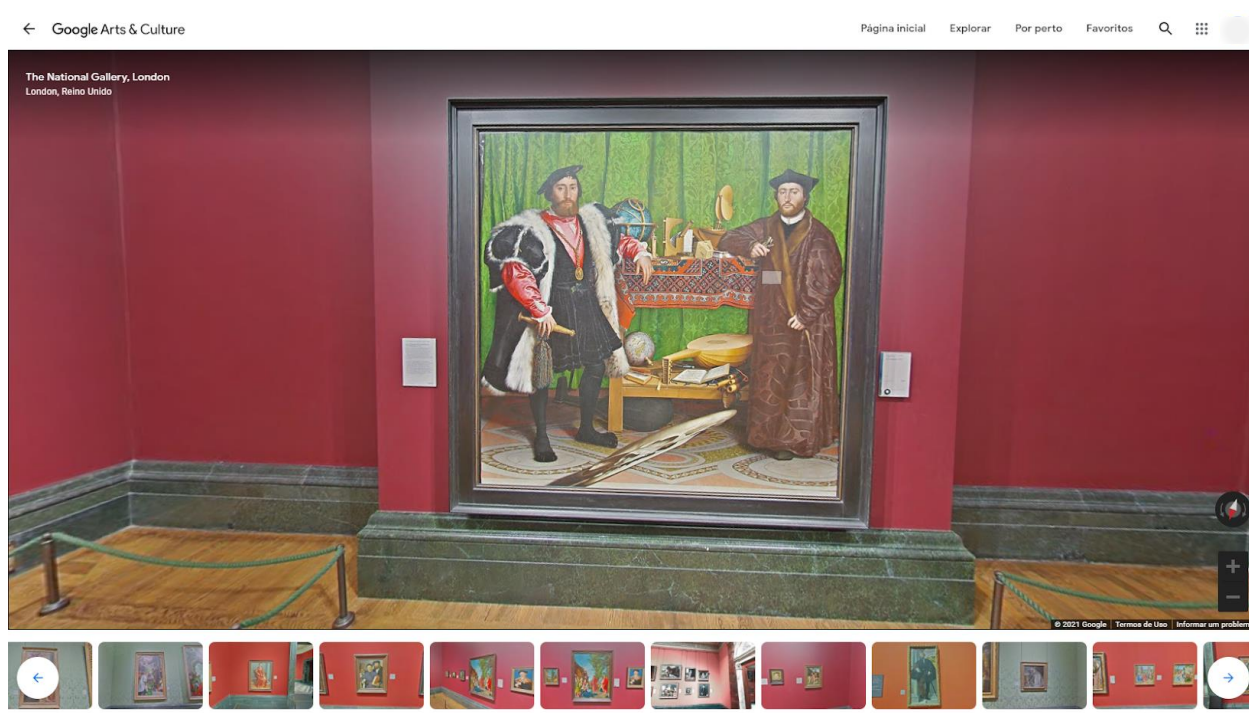
Figura 19 - Elementos de navegação na *tour online* da Pinacoteca do Estado de São Paulo, disponível no *Google Arts & Culture*



Fonte: Site Google Arts & Culture²⁶.

²⁶ Disponível em: <<https://artsandculture.google.com/partner/pinacoteca-do-estado-de-sao-paulo?hl=pt-BR>>. Acesso em: 18 fev. 2020.

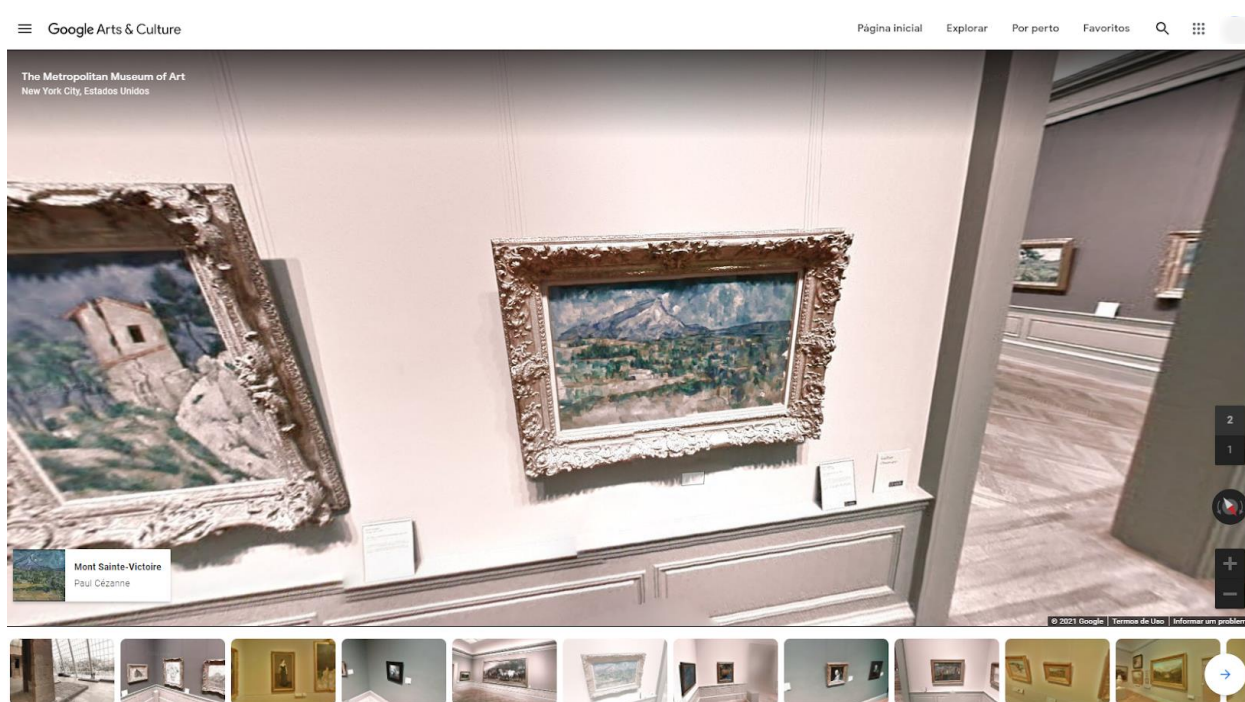
Figura 20 - Aproximação máxima de obra na *tour online* da *The National Gallery*, disponível no *Google Arts & Culture*.



Fonte: Site Google Arts & Culture²⁷.

²⁷ Disponível em: <<https://artsandculture.google.com/partner/the-national-gallery-london>>. Acesso em: 18 fev.. 2021.

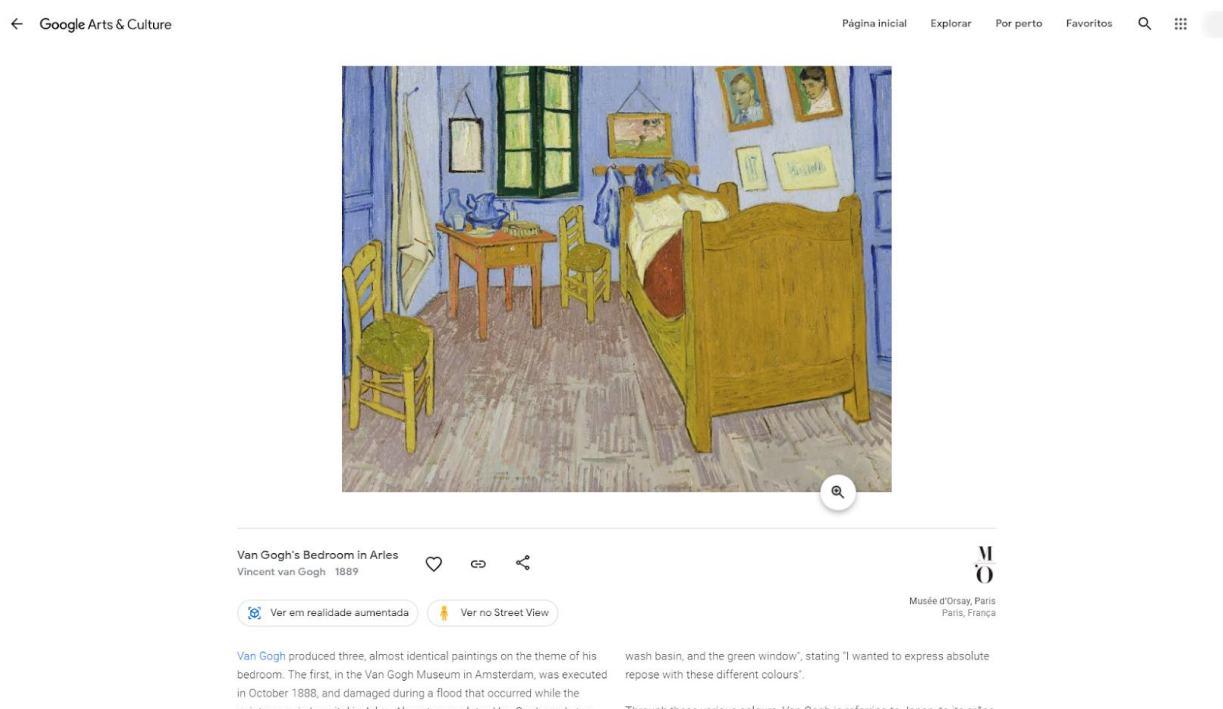
Figura 21 - Ícone para visualização detalhada de obra na *tour online* do *Metropolitan Museum of Art*, disponível no *Google Arts & Culture*



Fonte: Site *Google Arts & Culture*²⁸.

²⁸ Disponível em: <<https://artsandculture.google.com/partner/the-metropolitan-museum-of-art>>. Acesso em: 18 fev. 2020.

Figura 22 - Visualização de reprodução em alta definição na *tour online* do *Musée d'Orsay*, disponível no *Google Arts & Culture*



Fonte: Site *Google Arts & Culture*²⁹.

No caso de exposições construídas com gráficos 3D, é mais comum que essas não repliquem um espaço físico específico, apresentando uma configuração espacial baseada em aspectos genéricos de ambientes expositivos concretos, existente apenas no meio digital, e quando tomam como referência um espaço tangível, têm a potencialidade de expandi-lo, espacial ou temporalmente, a partir da simulação de um local em um momento do passado, ou montagem de uma exposição de obras digitais em um ambiente tridimensional que replique um espaço material.

A *SHUTDOWN.Gallery* é um espaço expositivo em gráficos 3D para *web*, realizado a partir da biblioteca *JavaScript Three.js*, concebida para o meio digital. Idealizada pelo designer alemão Patrik Hübner, foi inaugurada durante o período de isolamento social de 2020, com a proposta de adicionar “*a new dimension to cultural*

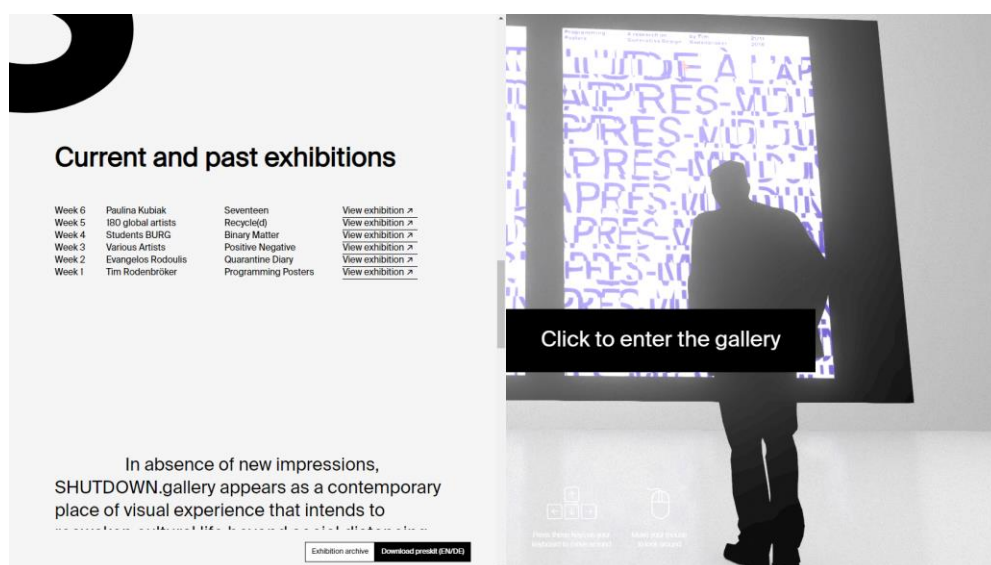
²⁹ Disponível em: <<https://artsandculture.google.com/partner/musee-dorsay-paris>>. Acesso em: 18 fev. 2021.

*life in times of social distancing*³⁰. A iniciativa conta com exposições lançadas periodicamente, dispostas em um mesmo padrão de espaço, cujas obras constituintes são apresentadas apenas no espaço tridimensional, sem complementos quanto a modos de reprodução. Alguns trabalhos correspondem à informação presente diretamente na exposição, em formatos de imagens, modelos tridimensionais e vídeos, enquanto outras representam uma obra tangível, ambas as possibilidades são exibidas em uma qualidade de imagem nítida.

A navegação integra a estrutura do *site* com o ambiente tridimensional, as diferentes exposições, por exemplo, podem ser acessadas pelo menu lateral do *site* (Figura 23) ou pela porta de saída no espaço das galerias. A locomoção pelo ambiente 3D ocorre pelo controle do ponto de vista (Figura 24) com o movimento do *mouse* e deslocamento a partir das setas do teclado, no caso de visualização por *desktop* e, em dispositivos móveis, a mudança de perspectiva é realizada com o movimento do aparelho, enquanto o deslocamento no espaço, pelo toque nas setas direcionais presentes na tela. Essa possibilidade de uma movimentação contínua pelo ambiente permite ao observador um grande número de pontos de vista, o que garante flexibilidade para a visualização das obras e possibilidade de aproximação para observar detalhes.

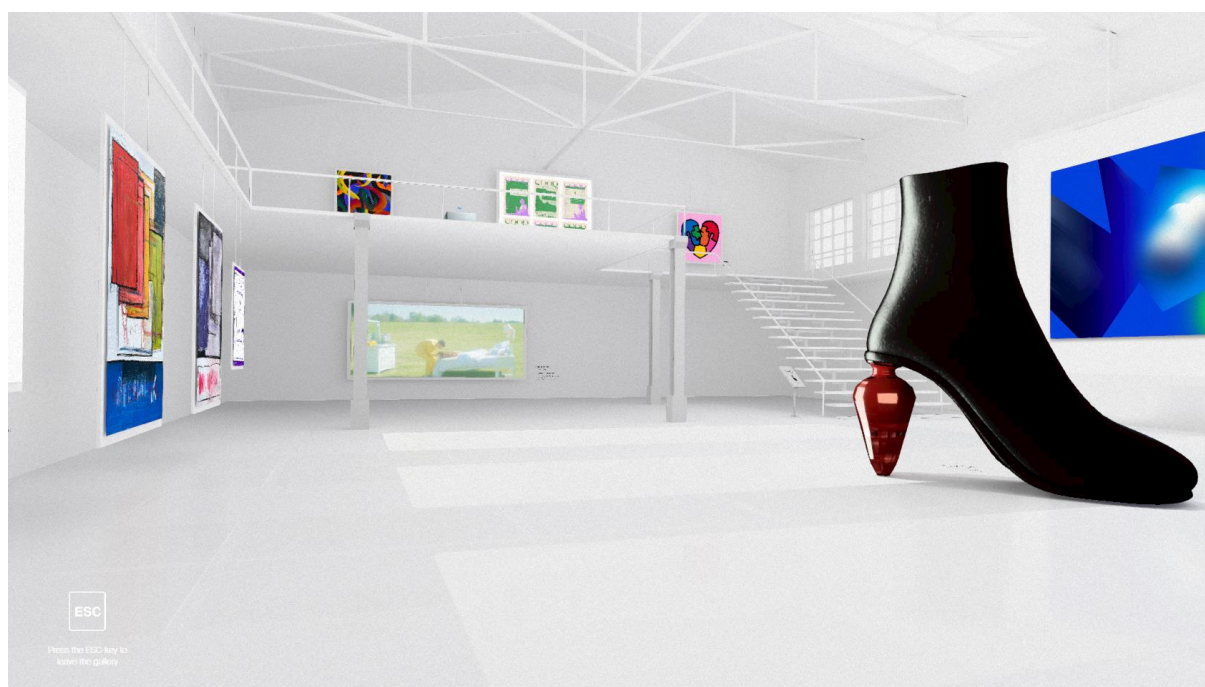
³⁰ Em tradução nossa: “uma nova dimensão à vida cultural em tempos de distanciamento”. Afirmação presente em texto presente no presskit da *SHUTDOWN.Gallery*, disponível para download em: <<https://shutdown.gallery/>>. Acesso em 27 set. 2020.

Figura 23 - Interface de navegação do site da *SHUTDOWN.gallery*, com links para as exposições e acesso ao ambiente tridimensional



Fonte: Site da *SHUTDOWN.gallery*³¹.

Figura 24 - Vista da exposição *Positive Negative* na *SHUTDOWN.gallery*



Fonte: Site da *SHUTDOWN.gallery*³².

³¹ Disponível em: <<https://shutdown.gallery/#Programming-Posters>>. Acesso em: 18 fev. 2021.

³² Disponível em: <<https://shutdown.gallery/#Positive-Negative>>. Acesso em: 18 fev. 2021.

A concepção espacial da SHUTDOWN.gallery é semelhante à espaços expositivos físicos, na organização das salas, disposição e suporte das obras, e placas informativas (Figura 25), porém, em algumas exposições estão presentes situações possíveis apenas em função do meio digital a que pertence, como na exibição *Binary Matter*, em que algumas esculturas flutuam sem um suporte de apoio ou transpassam alguma estrutura da galeria e podem ser atravessadas pelo observador (Figura 26) e, em todas as exposições, pode-se ativar um modo de exibição da galeria em que o espaço é representado por linhas (Figura 27).

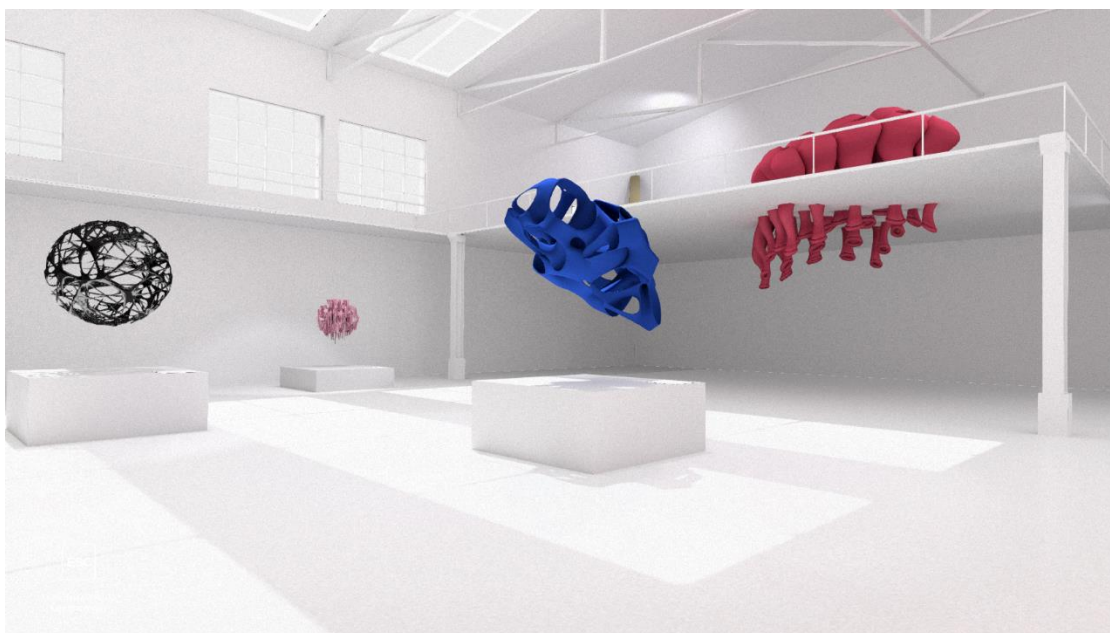
Figura 25 - Vista aproximada de obra da exposição *Seventeen* na SHUTDOWN.gallery



Fonte: Site da SHUTDOWN.gallery³³.

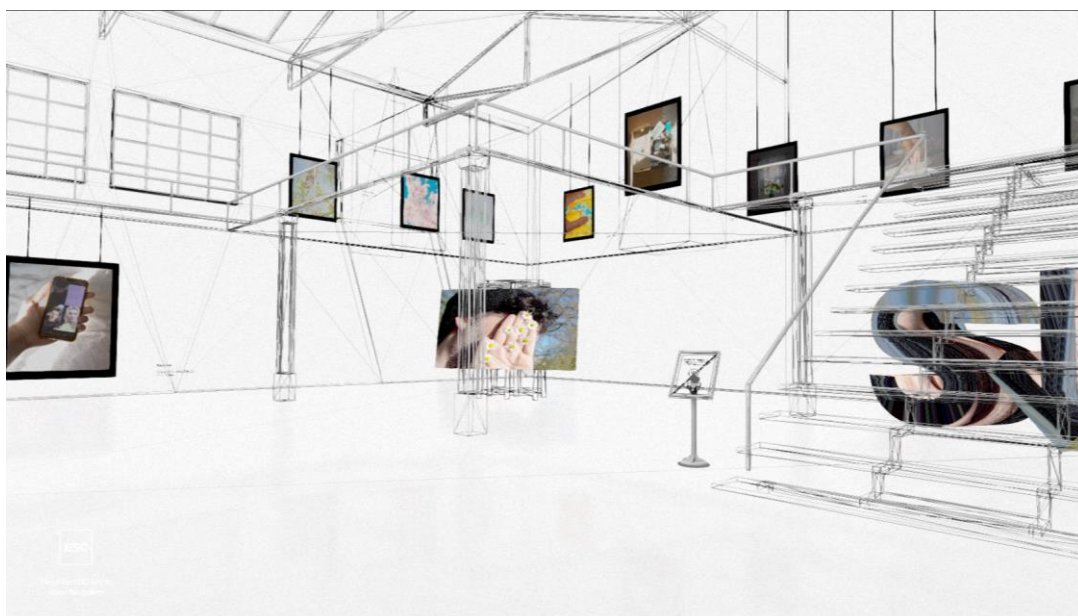
³³ Disponível em: <<https://shutdown.gallery/#17seventeen>>. Acesso em: 18 fev. 2021.

Figura 26 - Esculturas flutuantes na exposição *Binary Matter* na SHUTDOWN.gallery



Fonte: Site da SHUTDOWN.gallery³⁴.

Figura 27 - Vista da exposição *Quarantine Day* em modo de visualização do espaço da SHUTDOWN.gallery por linhas



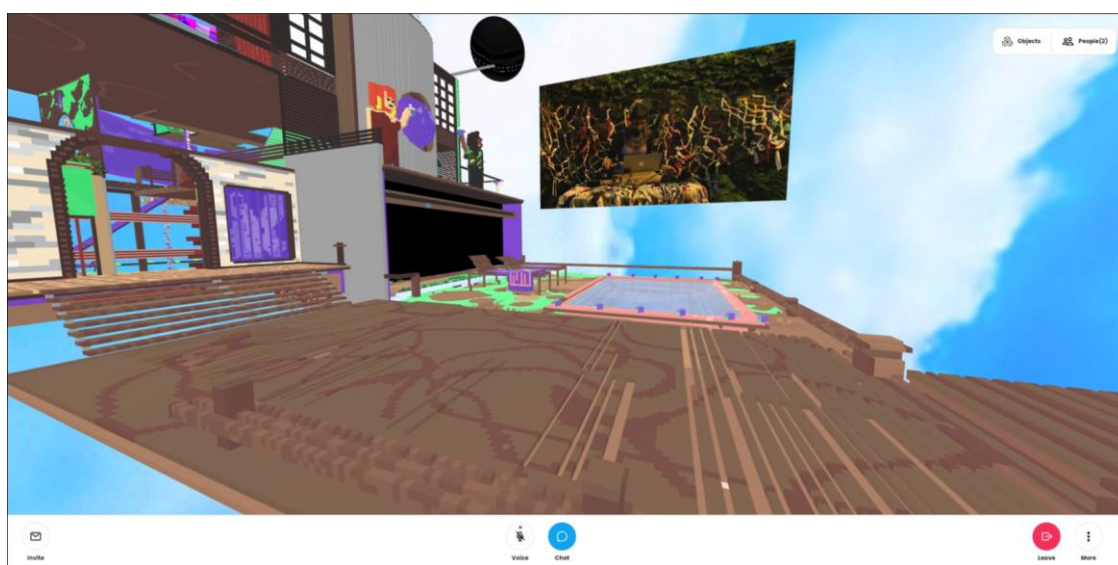
Fonte: Site da SHUTDOWN.gallery³⁵.

³⁴ Disponível em: <<https://shutdown.gallery/#Binary-Matter>>. Acesso em: 18 fev. 2021.

³⁵ Disponível em: <<https://shutdown.gallery/#Quarantine-Diary>>. Acesso em: 18 fev. 2021.

Outro exemplo de espaço expositivo a partir de gráficos 3D que pode ser citado foi a exposição *Perfídia Online 2021* (Figura 28), disponível entre 23 de abril a 30 de junho de 2021, e que contempla trabalhos das artes digitais e vinculados à presença. Realizada na plataforma *Mozilla Hubs*, que permite montagem de ambientes digitais personalizados, com o uso de modelos 3D prontos disponíveis e de criação própria, além de arquivos variados e vínculo com *sites* externos, a exposição possui uma estrutura arquitetônica e visual não convencional à espaços expositivos, mais próxima à aparência de jogos eletrônicos. A exposição explora possibilidades desvinculadas a leis da física, em que a estrutura flutuante (Figura 29), algumas obras e a própria navegação do visitante em alguns espaços não simulam a gravidade, e por ser construída diretamente para o meio digital e não ter uma estrutura homogênea ou duplicada, a exposição permite a concepção de espaços personalizados para as obras. Uma característica importante sobre a *Perfídia Online 2021*, que a diferencia dos outros exemplos citados, é a possibilidade de interação entre os visitantes, representados por avatares, configurando uma expressão da ocupação desse ambiente, porém, há uma limitação de uma capacidade de 25 pessoas interagindo com o espaço, para garantir o desempenho dos recursos para todos.

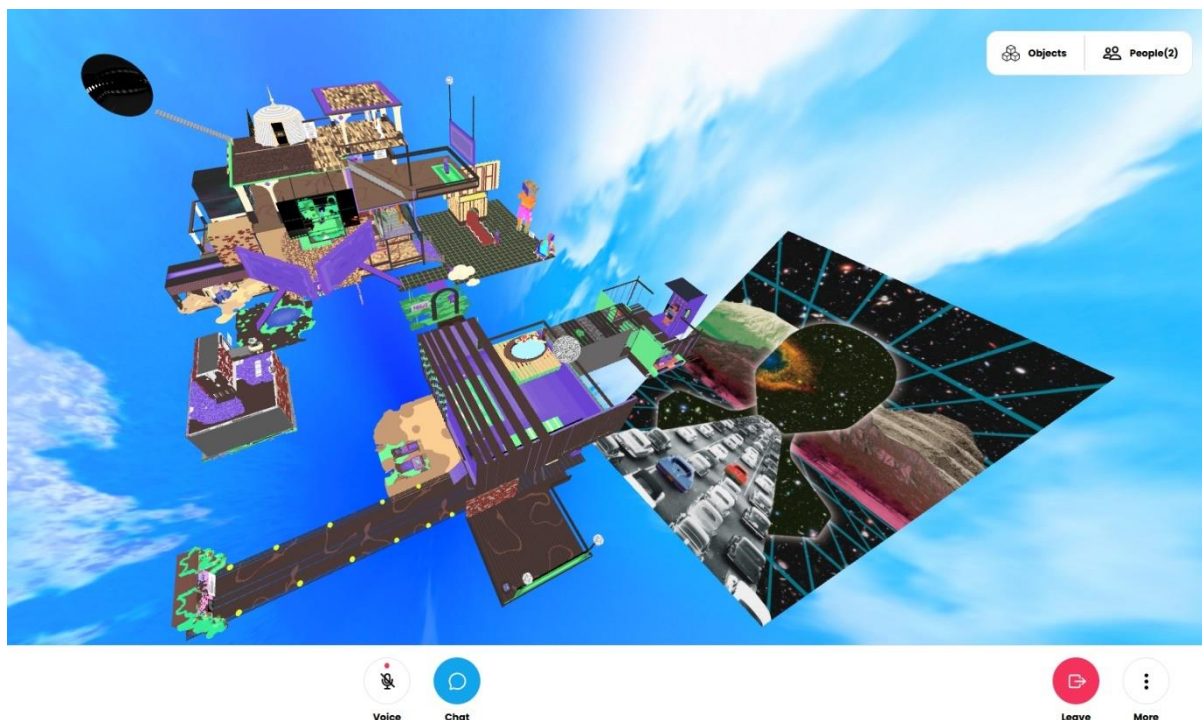
Figura 28 - Vista da exposição *Perfídia Online 2021*.



Fonte: Sala da exposição *Perfídia Online 2021* na plataforma *Mozilla Hubs*³⁶.

³⁶ Disponível em: <<https://hubs.mozilla.com/MFqiD8P/perfidia/>> Acesso em 28 mai. 2021>

Figura 29 - Vista aérea da exposição *Perfídia Online* 2021.



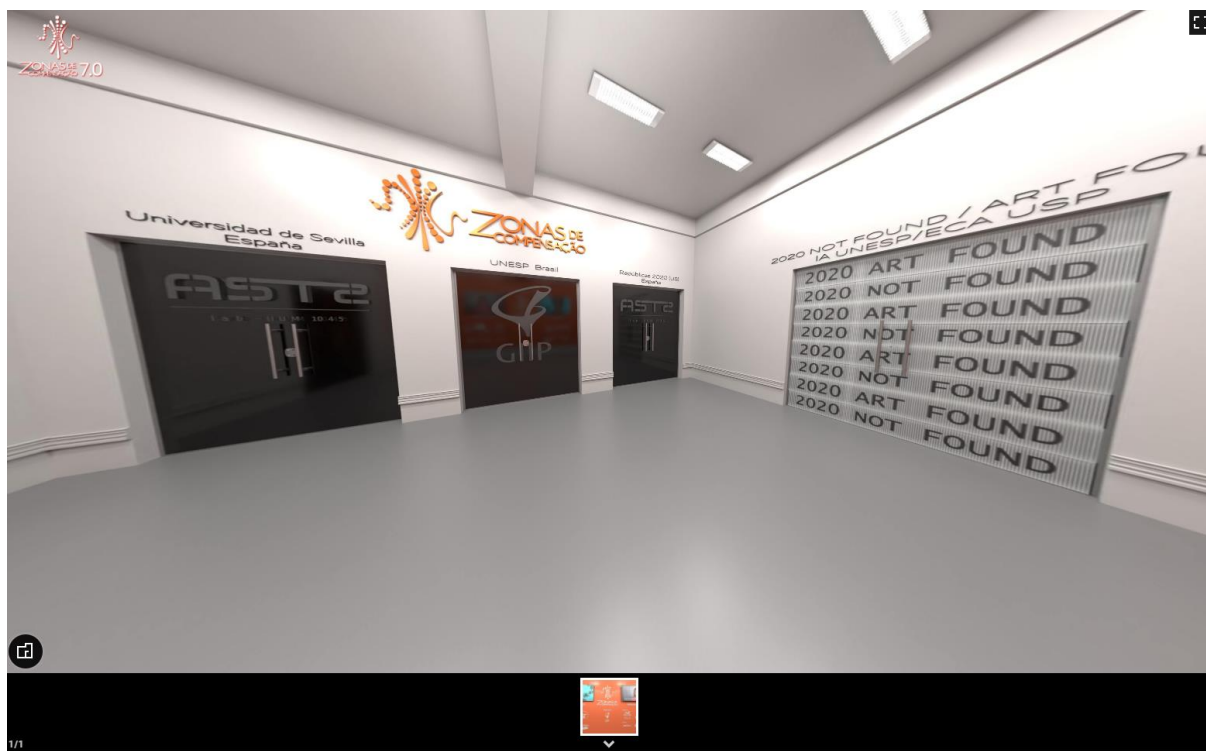
Fonte: Sala da exposição *Perfídia Online* 2021 na plataforma *Mozilla Hubs*³⁷.

Ainda no contexto de exposições presentes apenas *online*, há a possibilidade de mesclar aspectos analógicos e digitais quanto às tecnologias utilizadas e a concepção dos espaços. A exposição *Zonas de Compensação 7.0*, inaugurada em 2020, é construída a partir de uma ferramenta *online* de montagem de *tours* com imagens 360°, em que são utilizadas renderizações de ambientes tridimensionais digitais em panorâmicas 360°. O espaço modelado toma como referência a galeria do Instituto de Artes da UNESP de São Paulo. Das quatro salas disponíveis atualmente no hall de entrada da simulação (Figura 30), três apresentam obras digitais em diferentes formatos dispostas em ambientes tridimensionais, organizados em uma parceria dos grupos GIIP-IA/UNESP e HUM1045 (*Universidad de Sevilla*), e uma que direciona para o *site* da exposição *2020 Not Found/ Art Found*, com trabalhos de alunos das disciplinas de multimídia do Instituto de Artes da Unesp e da Escola de Comunicações e Artes da USP.

³⁷ Disponível em: <<https://hubs.mozilla.com/MFqiD8P/perfidia/>> Acesso em 28 mai. 2021>

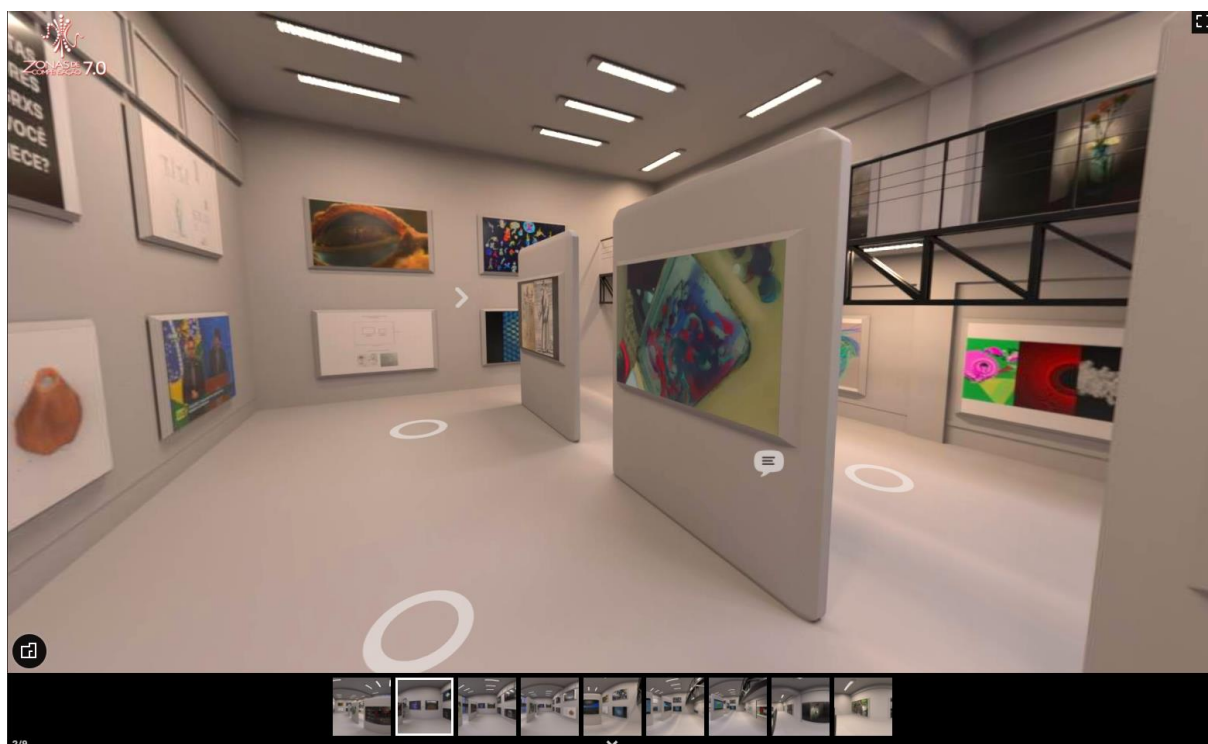
Nas salas tridimensionais, o deslocamento se dá pela seleção de pontos de vista indicados por ícones (Figura 31), e as obras são acessadas a partir de links presentes em retângulos semelhantes a quadros nas paredes do espaço, em que se visualiza imagens prévias relativas ao trabalho, que ao ser selecionado, direciona para algum modo de exibição adequado ao formato da obra, que pode ser experienciado dentro do espaço digital da exposição ou direcionado a um outro endereço *online*. A exposição, portanto, além de reunir trabalhos produzidos em diferentes localidades em um único espaço, conecta diferentes endereços da *web*.

Figura 30 - Hall de entrada e acesso às salas da exposição *Zonas de Compensação 7.0*



Fonte: Endereço *online* da exposição *Zonas de Compensação 7.0* na plataforma *Kuula*³⁸.

Figura 31 - Vista da sala *UNESP Brasil* da exposição *Zonas de Compensação 7.0*.



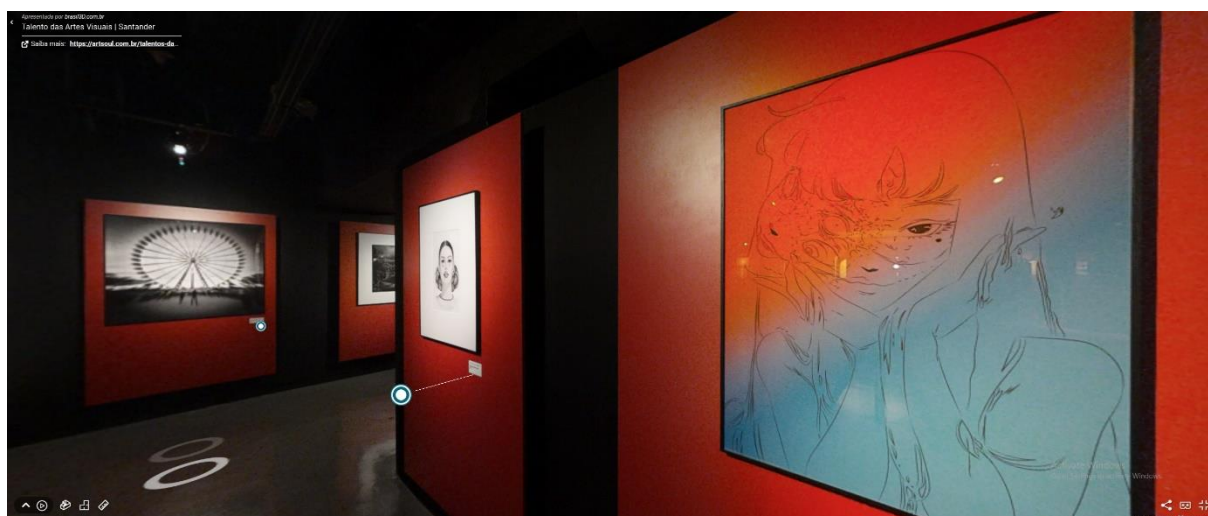
Fonte: Endereço online da exposição *Zonas de Compensação 7.0* na plataforma *Kuula*³⁹.

Ainda quanto à junção de recursos da fotografia 360° e dos gráficos 3D, tem-se observado muitos exemplos de espaços expositivos físicos representados digitalmente com o uso da plataforma *Matterport*, uma ferramenta principalmente voltada para o mercado imobiliário, em que fotos 360° e o escaneamento de diversos pontos do espaço são cruzados para sintetizar um modelo tridimensional do ambiente. A navegação é semelhante aos ambientes totalmente construídos por fotografia 360°, com a movimentação por pontos de vista, mas com uma navegação mais fluída e com maior definição de imagens das obras, não sendo utilizados recursos complementares para visualização de obras fora do espaço tridimensional em muitos casos. No *site Brasil 3D* estão disponíveis *tours* de diversos espaços de museus e galerias realizadas por meio de *Matterport*, a exemplo do *Farol Satander* (Figura 32) e *Galeria Leme* (Figura 33).

³⁹

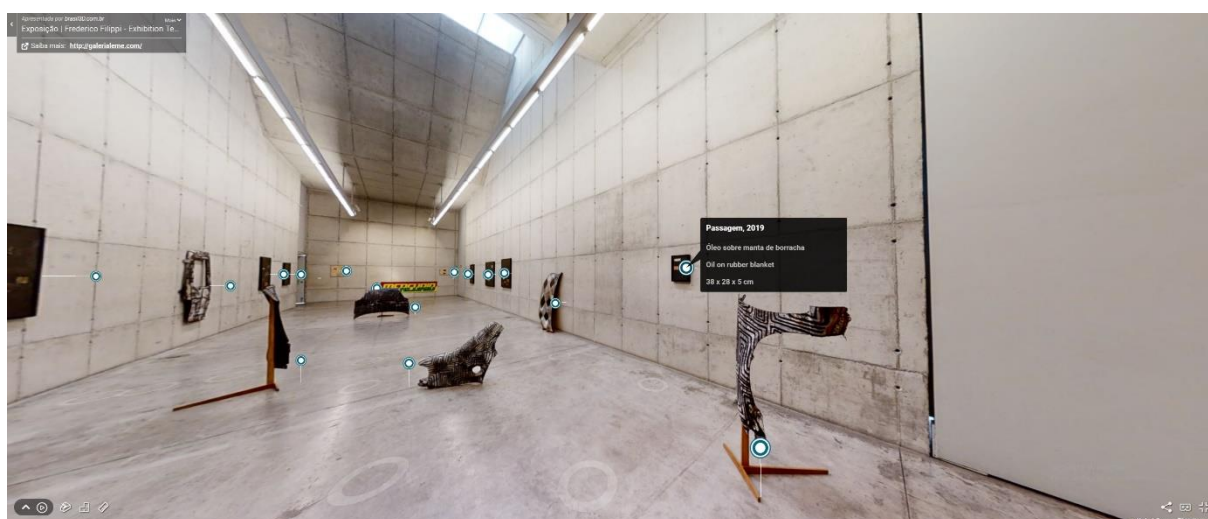
Disponível em:
<<https://kuula.co/share/7dkbG/collection/7Pv4Q?fs=1&vr=0&zoom=1&gyro=0&initload=0&thumbs=1&hideinst=1&lang=pt&chromeless=1&logo=1&logosize=150>>. Acesso em: 20 fev. 2021.

Figura 32 - Vista de exposição *Talento das Artes Visuais*, no *Farol Santander*



Fonte: Site Brasil3D⁴⁰.

Figura 33 - Vista de exposição *Terra de Ninguém – Frederico Fillipi*, na *Galeria Leme*



Fonte: Site Brasil3D⁴¹.

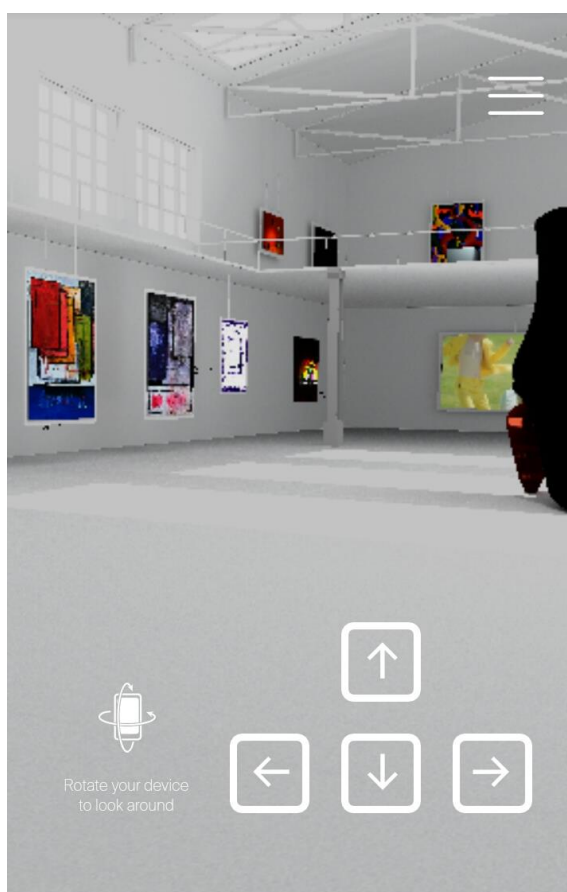
Dentre os aspectos discutidos sobre as diferentes exposições, alguns são importantes para discussão. Quanto ao acesso, a fotografia 360° possui uma

⁴⁰ Disponível em: < <https://brasil3d.com.br/portf%C3%B3lio-itens/farol-santander-talento-das-artes-visuais/>>. Acesso em 17 jul. 2021.

⁴¹ Disponível em: <<https://brasil3d.com.br/portf%C3%B3lio-itens/galeria-leme-frederico-filippi/>>. Acesso em 17 jul. 2021.

vantagem quanto a acessibilidade, por trabalhar com formatos de imagens compatíveis com dispositivos variados, sem exigir grande capacidade de processamento. Enquanto em algumas aplicações *WebGL*, observa-se um maior uso de dados no carregamento das páginas e de recursos para a navegação no espaço, que podem estar ausentes em dispositivos mais simples e antigos, como a *SHUTDOWN.gallery* (Figura 34), que utiliza o movimento do aparelho com o uso do acelerômetro para rotacionar a visualização do espaço.

Figura 34 - Vista da exposição *Positive Negative* na *SHUTDOWN.gallery* em smartphone



Fonte: Site da *SHUTDOWN.gallery*⁴².

As panorâmicas em 360° demonstram ser uma alternativa prática e eficiente para a reprodução digital de espaços tangíveis, além de ser um processo mais rápido

⁴² Disponível em: <<https://shutdown.gallery/#Positive-Negative>>. Acesso em: 18 fev. 2021.

em relação à modelagem e programação de gráficos 3D. O aspecto realista da fotografia e a relação mais direta com o objeto que representa para produção da imagem no processo de sua captura, conferem uma associação de verossimilhança às exposições *online* montadas por esse método, predominantemente utilizado para ambientes baseados exposições concretas.

Observa-se uma delimitação do uso da fotografia 360° para esse tipo de exposição, enquanto os gráficos 3D, atualmente, são mais frequentes em exposições primordialmente digitais. Os princípios de construção de ambientes computacionais tridimensionais, a partir de preceitos da computação gráfica, proporcionam ambientes não restritos às leis da física, configurando-os com o potencial de transcender concepções consolidadas acerca de ambientes expositivos.

A respeito da navegação do observador por essas exposições, a técnica utilizada acarreta em diferentes experiências da espacialidade. No caso das panorâmicas 360°, o deslocamento se dá pela seleção de pontos, cada um correspondente a um ponto de vista e uma imagem 360° resultante desse, de modo que as possibilidades de visualização da exposição são restritas a esses pontos de visão pré-definidos. Em ambientes construídos com gráficos tridimensionais, no entanto, essas possibilidades são muito mais amplas, pois permitem estabelecer um deslocamento contínuo por todo o espaço, resultando em uma infinidade de pontos de vista.

Os aspectos da constituição da espacialidade ainda refletem no modo e na qualidade de exibição das obras presentes nas exposições *online*. A fotografia 360° não garante, em muitos casos dos casos observados, uma exibição detalhada nem um ângulo de visão favorável das obras individualmente, sendo necessário conteúdos de suporte, como imagens em alta definição e textos informativos, para um contato mais aprofundado com a obra. A questão da resolução e ângulo de visão também pode estar presente com o uso de gráficos 3D, mas o caráter de construção desse ambientes é mais flexível à articulação de diferentes formatos de arquivo inseridos na própria espacialidade, a imagem em alta resolução da reprodução digital de uma pintura, por exemplo, poderia estar apresentada em qualidade no ambiente tridimensional, sem necessitar de um outra interface de visualização, além do caso de

obras digitais, cuja apresentação no espaço expositivo pode realizar-se a partir do formato original dessa.

Desse modo, percebe-se nos exemplos analisados, um enfoque quanto à experiência espacial do observador pelos ambientes expositivos *online*. A tridimensionalidade e a navegação apresentados são baseadas em características de espaços físicos, buscando simulá-las. Juntamente à espacialidade, o ambiente é organizado pela estrutura hipertextual da internet, em que links podem ser utilizados no deslocamento entre exposições, para a visualização de informações em diferentes mídias. Apesar dessa articulação com elementos característicos da estrutura da internet e do meio digital, percebe-se que todas as exposições citadas possuem forte vínculos com aspecto do espaço tangível, porém, como chega a ser observado com as esculturas flutuantes da exibição *Binary Matter* na *SHUTDOWN.gallery* e na estrutura da exposição *Perfídia Online 2021*, as exposições digitais possuem grande potencial de explorar outros modos de espacialidade.

4.3 PESQUISA EXPERIMENTAL

4.3.1 Possibilidades Técnicas para Ambientes Tridimensionais *Online*

A seguir, serão apresentadas algumas das técnicas para simulação de espaços tridimensionais *online* mais populares atualmente. Apresentando-se possibilidades nos campos da fotografia 360° e gráficos 3D para *web*, serão comentados processos e ferramentas para realização desses ambientes a partir de cada técnica.

4.3.1.1 Fotografia 360°

A fotografia 360° é largamente utilizada para a reprodução e registro de espaços tangíveis para realização de um correspondente digital, de modo a disponibilizar visualizações imersivas a partir de fotos únicas ou *tours* virtuais desses espaços. Dentre suas aplicações mais frequentes, têm destaque o registro de localidades diversas com o recurso *Street View* do *Google Maps*, possibilidades de visualização de espaços internos de imóveis no mercado imobiliário, e a disponibilização de *tours* virtuais de espaços expositivos concretos.

Para a captura de uma fotografia em 360°, geralmente utiliza-se uma câmera específica com lentes do tipo grande angular, que possui dois sensores de imagem que tiram duas fotos em direções opostas simultaneamente, e as imagens obtidas são ‘costuradas’ para produzir uma panorâmica esférica em 360° (JOKETA *et al*, 2019). Há ainda a possibilidade da utilização de aplicativos, como o próprio *Street View*, mais voltado para um público amador para colaborar com o banco de imagens do *Google Maps*, em que uma série de fotos de diversos pontos de vista do ambiente também são ‘costuradas’ para formar uma panorâmica.

A panorâmica resultante consiste em uma imagem bidimensional com distorções aplicadas sobre a representação do espaço capturado em uma projeção *equirretangular* esférica, que a partir de processos algorítmicos é rearranjada para a visualização em 360° do espaço fotografado. A fotografia é disposta na superfície interna de uma esfera, em que se observa as diversas vistas possíveis a partir da rotação da imagem pelo observador localizado no centro da esfera (Figura 35).

Figura 35 – Esquema de projeção da imagem em superfície esférica e posição do observador



Fonte: Autora (2021).

Ao utilizar-se câmeras profissionais, a posição dessas determina o centro da esfera em que a foto será disposta e o ponto de vista do observador. Dessa forma, para uma imagem mais imersiva e próxima da experiência humana, é importante que a localização da lente da câmera em relação ao chão corresponda a uma altura média dos olhos do observador.

Dentre outras práticas importantes para um resultado verossímil da fotografia 360°, como observado pelo acompanhamento de processo de captura de fotografias panorâmicas de um espaço, está no cuidado de não posicionar uma das lentes diretamente voltadas para uma fonte de luz intensa, o que pode causar uma evidência do ponto de junção das extremidades da imagem com a marcação da diferença de luminosidade, sendo recomendado posicionar as lentes em direção perpendicular a uma fonte de luz mais intensa, caso houver. Outro cuidado está quanto a distância da câmera em relação ao objeto que se pretende priorizar na

captura, que pode acabar sendo representado de modo muito distorcido caso estejam muito próximos. Câmeras profissionais para capturas em 360° possuem o recurso de serem conectadas a outros dispositivos via *wireless* para visualizar a prévia da fotografia a ser realizada na posição atual da câmera, possibilitando a verificação das distorções dos elementos da imagem e condições de iluminação, assim como as configurações de captura.

Para visualização, edição e interação com fotografias 360°, são necessários softwares e ferramentas específicas. Edições de imagens podem ser realizadas em programas que permitem a visualização em 360°, como modo 3D do *Photoshop CC*. Dentre as possibilidades de visualização e disponibilização de visitas virtuais, observa-se a disponibilidade de plataformas como a *Kuula*, em que toda montagem do *tour* é configurado diretamente no *site* dessa, com recursos de interações entre usuários e compartilhamento dos *tours*, endereçados dentro do *site*. Outro formato de ferramenta relevante, a exemplo da *Marzipano*⁴³, permite a montagem no *site* ou por *software*, em que é possível exportar os arquivos da *tour* como uma página *web*, que pode ser hospedada em endereços personalizados, não relacionado a ferramenta.

Ambos os exemplos citados de ferramentas para montagem de *tours* de imagens 360° possuem recursos semelhantes relativos à configuração da interação, visualização e acesso a materiais e informações adicionais aos panoramas. Essas permitem a determinação do ponto inicial do *tour*, localização dos pontos de acesso a próxima imagem, informações e outras mídias, efeitos de iluminação e movimento automático da imagem, dentre outros elementos recorrentes em visitas virtuais.

A interação e navegação pelo *tour*, como já foi comentado nos exemplos de espaços expositivos que se utilizam desses recursos, cada fotografia panorâmica pode ser rotacionada em até 360° e corresponde a um posicionamento do observador no espaço, a navegação ocorre a partir de pontos de acesso que ligam essas fotografias, e nessas podem ser inseridos outros pontos lincáveis que possibilitam a visualizações de informações complementares.

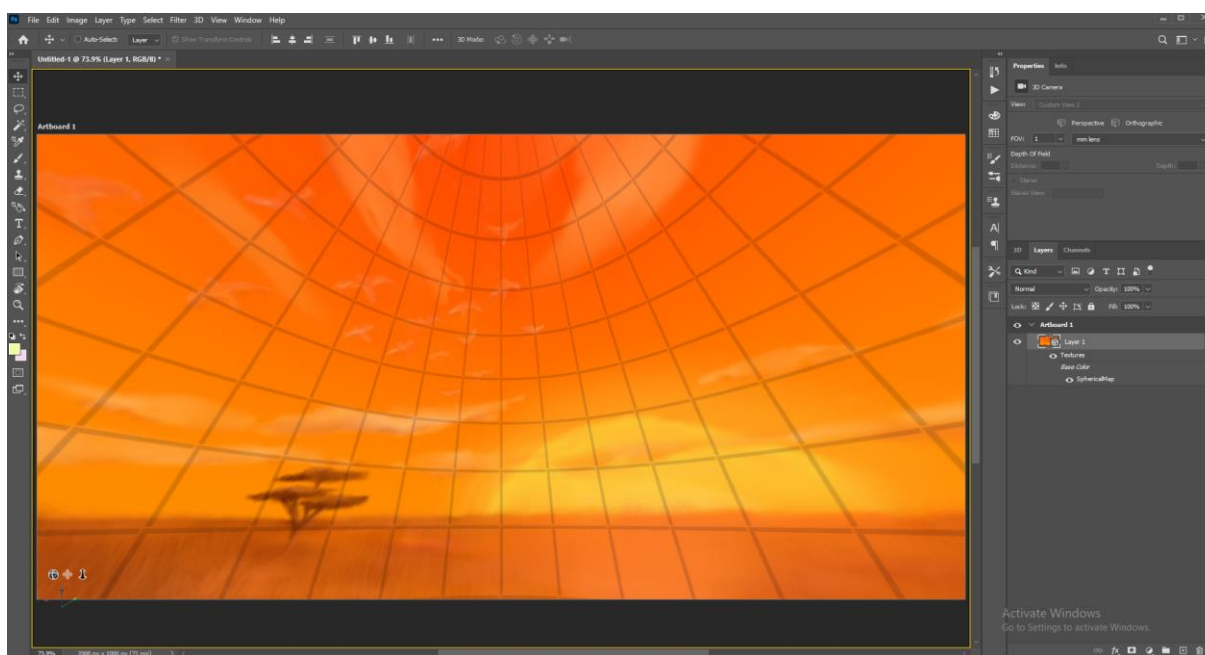
Embora nas ferramentas de *tours* virtuais e visualização de panorâmicas seja mais evidente o uso de fotografias, é possível utilizar qualquer tipo de imagem

⁴³ Disponível em: <<https://www.marzipano.net/>>. Acesso em 19 jul. 2021.

panorâmica, como desenhos em 360° e cenas de gráficos tridimensionais renderizados em visão panorâmica.

No caso de desenhos e pintura panorâmicos, é necessário que essa esteja sob perspectiva *equirretangular* esférica para representar a tridimensionalidade, o que pode ser realizado a partir do desenho em um plano considerando princípios dessa perspectiva ou de ferramentas que permitem desenhar diretamente em uma superfície tridimensional esférica digital, em que se pode manipular os pontos de vista, a exemplo da opção *Spherical Panorama*, no modo 3D do programa *Photoshop* (Figura 36).

Figura 36 – Vista de desenho no modo 3D do Photoshop



Fonte: Autora (2021).

4.3.1.2 Gráficos 3d para Web

Os gráficos tridimensionais para *web*, em que aqui será abordada mais especificamente a aplicação em navegadores *web*, possuem diversas aplicações em

diferentes campos. Desde objetos animados e interativos à ambientes navegáveis imersivos, são utilizados na demonstração de produtos, simulações de projetos e objetos, reprodução de espaços, jogos *online*, trabalhos artísticos, dentre outros.

Uma característica importante quanto a implementação desses objetos e cenas tridimensionais é um uso de linguagens voltadas ou compatíveis para a aplicações *web* em páginas HTML. Atualmente, é predominante o uso da linguagem de programação *JavaScript*, a partir de bibliotecas próprias para aplicações 3D, como a *Three.js* e a *Babylon.js*, em que os gráficos são renderizados por APIs como a *WebGL*, *WebGPU*⁴⁴ e *WebXR*⁴⁵, que dispensam a instalação de *plugins* no navegador.

Ao utilizar a biblioteca *Three.js* para criar um objeto ou ambiente tridimensional, por exemplo, a partir do texto na sintaxe de *JavaScript*, pode-se declarar objetos 3D e suas propriedades, como geometria, dimensões, localização na cena, rotação, cor, transparência, brilho, textura etc, programar modos de interação, animações, assim como inserir arquivos externos, como objetos 3D e imagens para texturas, dentre outras mídias. Para um melhor desempenho do projeto, na incorporação um modelo tridimensional concebido em um programa de modelagem 3D, como *Blender*, *3ds Max*, *Maya*, *SketchUp* etc, é preciso que os arquivos estejam em um formato otimizado para exibição *online*, como o glTF e o GLB, que possuem ou são associados a arquivos com informação de texturas dos objetos, mas também é possível utilizar formatos como OBJ e STL.

A *Three.js* é uma das bibliotecas mais populares para aplicações 3D atualmente, e é utilizada como base para outras ferramentas de concepção de gráficos tridimensionais para *web*, como a *A-frame*, uma estrutura ESC (*entity component*

⁴⁴ Segundo documentação publicada pela *GPU for the Web Community Group*, “*WebGPU* é uma API da *web* proposta para permitir que páginas da *web* usem a GPU (Unidade de Processamento de Gráficos) do sistema para realizar cálculos e desenhar imagens complexas que podem ser apresentadas dentro da página. Esse objetivo é semelhante à família *WebGL* de APIs, mas o *WebGPU* permite o acesso a recursos mais avançados de GPUs”. Disponível em ; <<https://gpuweb.github.io/gpuweb/explainer/>>. Acesso em 19 jul. 2021

⁴⁵ Segundo documentação disponibilizada na plataforma *Github*, “A API do dispositivo *WebXR* fornece acesso a recursos de entrada e saída comumente associados a dispositivos de Realidade Virtual (VR) e Realidade Aumentada (AR). Ele permite que você desenvolva e hospede experiências de RV e RA na *web*”. Disponível em: <<https://github.com/immersive-web/webxr/blob/master/explainer.md#what-is-webxr>>. Acesso em 19 jul. 2021.

system)⁴⁶ para *Three.js*, que permite a criação de experiências em realidade virtual. A *A-frame*, além de projetos personalizados, é utilizada em plataformas de realidade virtual, a exemplo da *Mozilla Hubs*, que permite a interação do usuário por meio de avatares em salas prontas ou personalizadas, em que se pode criar um ambiente a partir da inserção modelos 3D e outras mídias.

As tecnologias citadas, além da vantagem da exibição em navegador sem a necessidade de instalação de plugins ou programas, o que as torna mais acessíveis, possuem compatibilidade com dispositivos móveis, em que a depender do caso, podem ser realizadas adaptações quanto ao modo de interação. Em muitos dos ambientes tridimensionais navegáveis construídos com *Three.js* e *A-frame*, utiliza-se o próprio movimento do dispositivo para determinar o deslocamento no espaço, setas direcionais clicáveis ou arrastamento de tela pelo toque.

Outra forma de criar ambientes tridimensionais para exibição em navegadores é a exportação de um projeto construído em plataformas de desenvolvimento de jogos, como a *Unity* e a *Unreal*, para exibição por *WebGL*, a partir de arquivos associados a um HTML. É um método, que além da aplicação de jogos para *web*, pode ser mais prático para projetos que necessitem de programações mais complexas, que podem ser realizadas a partir de recursos pré-programados nessas ferramentas, porém, possui como desvantagem a incompatibilidade com dispositivos móveis, em que algumas aplicações dos ambiente podem não funcionar.

Como já comentado, esses recursos são mais utilizados para concepção de ambientes matricialmente digitais, embora se possa reproduzir espaços físicos ou até utilizar-se imagens panorâmicas para sua realização. A não necessidade de um vínculo direto com o espaço concreto para obtenção de informação trás a esses ambientes grande potencialidade de proposição de experiências espaciais inéditas, extrapolando concepções do tangível e explorando as possibilidades do meio digital.

⁴⁶ Em tradução nossa: “Sistema de componente de entidade”. Segundo documentação disponível no site *Aframe*, “A arquitetura ECS é um padrão comum e desejável em 3D e desenvolvimento de jogos que segue o princípio de composição sobre herança e hierarquia.” Disponível em: <<https://aframe.io/docs/1.2.0/introduction/entity-component-system.html>>. Acesso em 19 jul. 2021.

4.3.2 Trabalho Experimental Junto ao Grupo Realidades: Pesquisa de Possibilidades Técnicas para Espaço Expositivo Tridimensional

Durante os encontros do Grupo de Pesquisa Realidades, estudou-se a possibilidade de realizar um ambiente expositivo tridimensional digital para exposição de obras de autoria do grupo, assim como de exposições com trabalhos de estudantes da graduação, organizadas pelo grupo.

Iniciou-se, juntamente a outros integrantes do grupo, um processo de pesquisa de possibilidades de técnicas e tecnologias que poderiam ser utilizadas para a realização do ambiente a partir das intenções pensadas como aspectos desejados para o espaço tridimensional. Pretendia-se um ambiente estável quanto a exibição em navegadores a longo prazo, compatível com dispositivos móveis e flexível quanto a edição e adição de novos materiais.

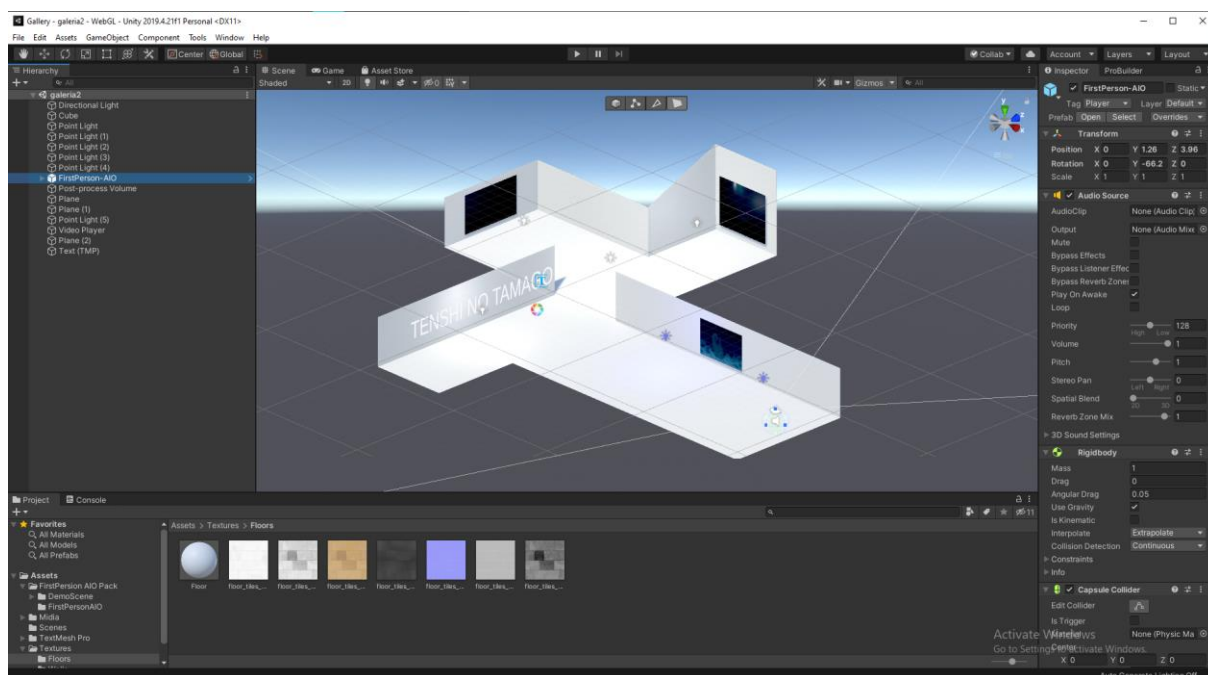
Elegeu-se, portanto, que seria mais compatível aos objetivos citados, a construção de um ambiente que pudesse ser renderizado por *WebGL*, ou seja, que rodasse em navegadores *web*, sem a necessidade de instalação de *plugins*. Dentre as tecnologias que possibilitam esse meio de exibição, optou-se por estudar a construção de ambiente tridimensionais com o uso da biblioteca de *JavaScript Three.js* e o modo de exportação de projetos concebidos pela ferramenta *Unity* para *WebGL*.

Foi realizado um teste de espaço digital tridimensional genérico construído com *Unity*, em que buscou-se avaliar a facilidade de realização do ambiente, a variedade de recursos disponíveis e a facilidade de configuração, como a determinação dos gráficos tridimensionais, texturas, iluminação, a inserção de arquivos externos, como imagens, vídeos e objetos 3D, a programação do modo de navegação e visualização do espaço, e a exibição e interação em *desktop* e dispositivos móveis.

Toda a determinação do espaço, texturização, inserção de luzes e das obras foi realizada diretamente na *Unity* (Figura 37), com uso do *asset ProBuilder* para concepção da tridimensionalidade, e a programação de aspectos relativos à navegação, como ponto inicial de visualização, sensibilidade de *mouse*, rotação por

cursor e movimento por setas do teclado foi determinada por recursos pré-programados disponíveis na ferramenta. Para a simulação de obras, utilizou-se imagens de produções pessoais da autora.

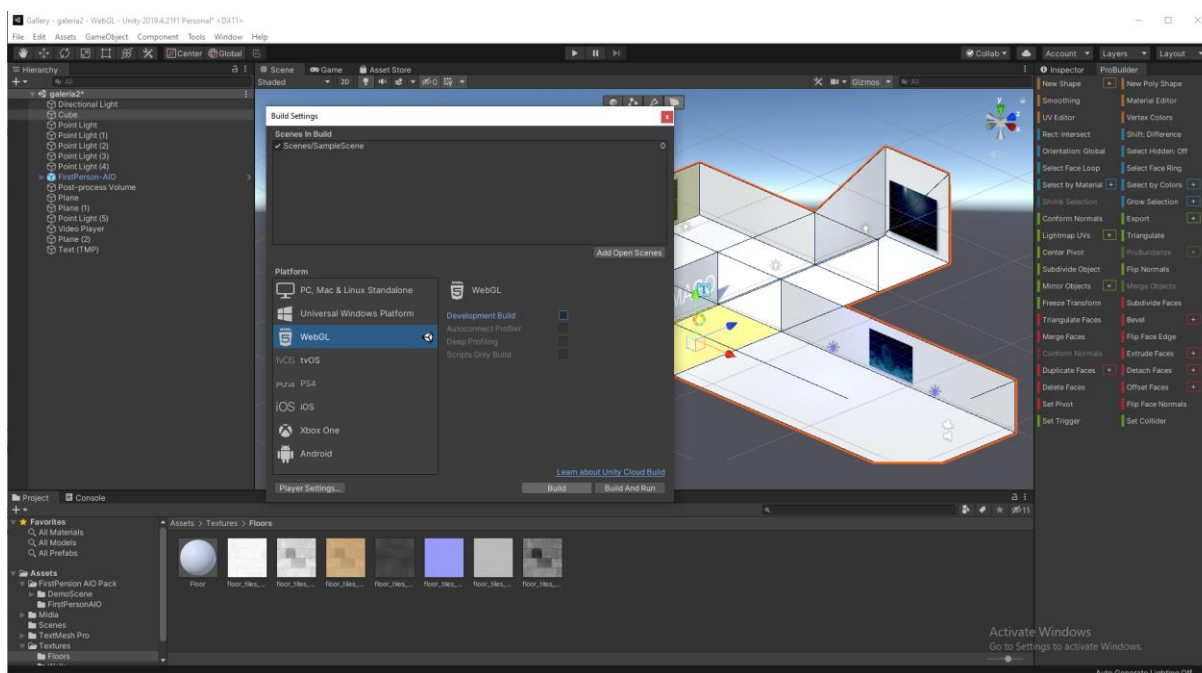
Figura 37 - Vista de teste de espaço expositivo na interface de trabalho da *Unity*



Fonte: Autora (2021).

Finalizado o protótipo, fez-se a exportação projeto para exibição via *WebGL* (Figura 38), que resulta em uma pasta com um arquivo HTML e arquivos associados, nos formatos CSS, *JavaScript*, *UNITYWEB* e de imagens. Esses arquivos podem ser hospedados em um endereço *web* para sua disponibilização.

Figura 38 - Exportação de projeto para WebGL na interface de trabalho da Unity

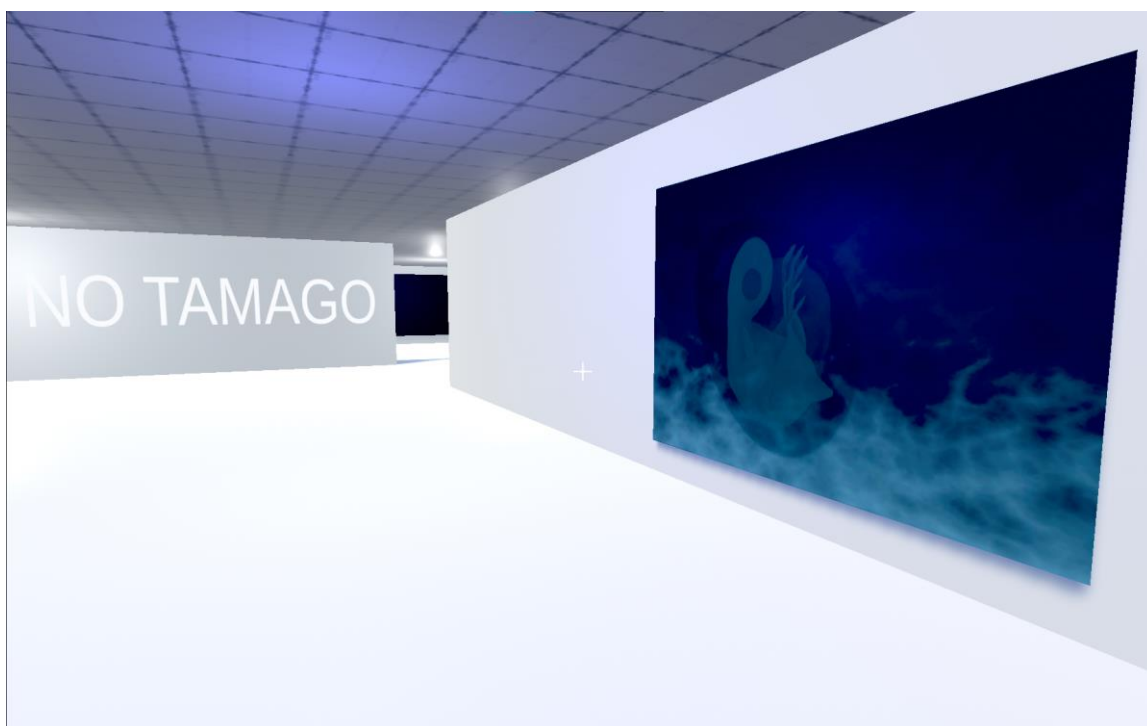


Fonte: Autora (2021).

Em teste de visualização do projeto na web (Figuras 39 e 40), se observou que a exibição em *desktops* era fluida e cumpria com as intenções para o espaço nesse quesito, porém em dispositivos móveis o desempenho era instável, não sendo possível a navegação em muitos aparelhos. Não foram realizados mais testes de programação para adaptação para dispositivos móveis a partir de WebGL, porém, a própria Unity não garante suporte para esse modo de uso, sendo exibido o alerta *“Please note that Unity WebGL is not currently supported on mobiles⁴⁷”* quando o projeto é acessado por um dispositivo móvel. Projetos construídos em Unity para dispositivos móveis, geralmente são disponibilizados via aplicativos, o que não era uma opção desejada para o compartilhamento do ambiente. Deste modo, esse método apresentou-se não estável quanto ao quesito compatibilidade desejado.

⁴⁷ Em tradução nossa: “Observe que o Unity WebGL não é compatível atualmente com celulares”.

Figura 39 - Vista de teste de espaço expositivo exportado da *Unity* para *WebGL*



Fonte: Autora (2021).

Figura 40 - Vista de teste de espaço expositivo exportado da *Unity* para *WebGL*



Fonte: Autora (2021).

A vantagem da *Unity* em comparação à *Three.js* está na facilidade de programação dos modos de interação, navegação, câmera, iluminação etc, que possui uma grande variedade de recursos pré-programados e mais intuitivos quanto à aplicação, porém, uma desvantagem quanto à montagem está no fato de que a cada alteração desejada para o ambiente, seria necessário editar diretamente no arquivo do projeto na *Unity*, de modo que além de se depender de ter esse arquivo e ter que a cada alteração atualizar toda a pasta de arquivo no endereço de hospedagem, a o possibilidade de problemas de leitura e edição do arquivo a longo prazo, a partir de incompatibilidades potenciais devidas a atualizações da ferramenta, por exemplo. Assim, o fator flexibilidade de edição e tempo de obsolescência também não estariam ideais quanto aos objetivos iniciais.

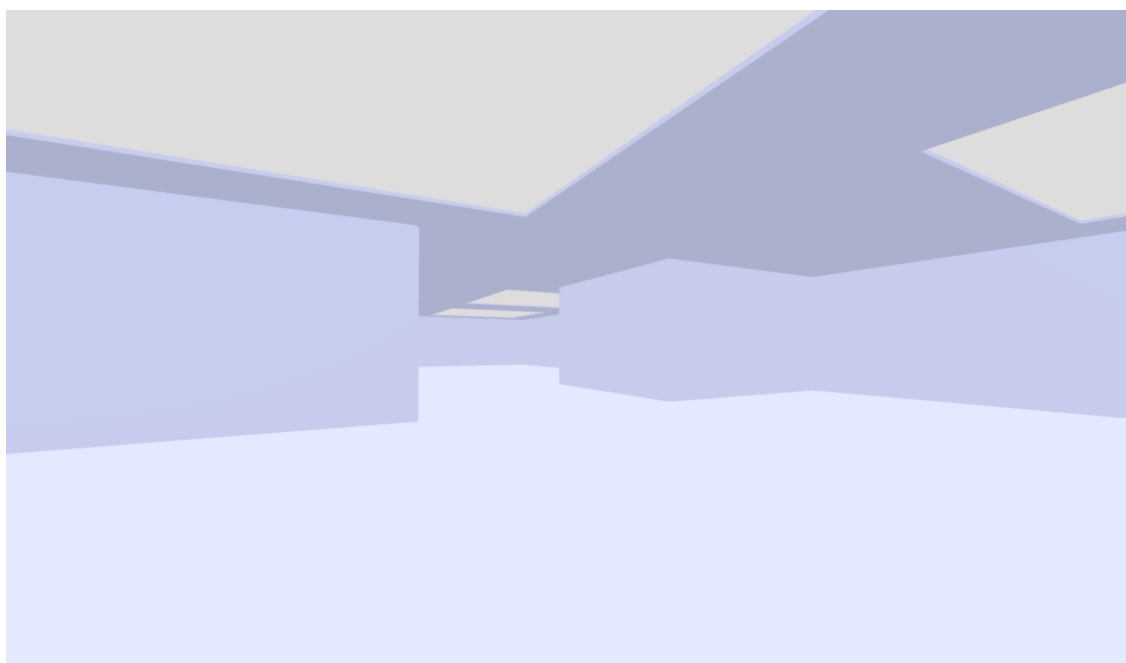
Nas pesquisas relativas ao uso de *Three.js* para a concepção de um espaço tridimensional, tomou-se como principal exemplo de inspiração para o espaço pretendido a já citada *SHUTDOWN.gallery*. Observa-se nessa galeria um bom desempenho dos gráficos tridimensionais e fluidez na navegação, e uma solução funcional quanto a compatibilidade em dispositivos móveis, cujo movimento pelo espaço utiliza o próprio movimento do aparelho utilizado. O ambiente ainda explora propriedades próprias de gráficos digitais, como a duplicação de um mesmo ambiente para diferentes exposições, que podem ser acessadas a partir de links, sem a necessidade de uma continuidade arquitetônica no acesso entre exposições e deixando a página mais leve; e a dispensabilidade de seguir as leis da física as quais um espaço tangível estaria sujeito, em que a gravidade e a matéria não possuem influência na configuração das obras e do espaço.

Tais características, tanto conceituais como técnicas, foram reconhecidas como interessantes para o espaço expositivo idealizado. Com o uso da biblioteca *Three.js*, o espaço é exibido *online* a partir de uma página HTML, com arquivos *JavaScript* e *assets* constituintes, o que possibilita grande flexibilidade quanto a alterações no ambiente, uma vez que bastaria alterações no texto escrito. Além disso, a exclusão e inclusão de obras, dependeria da manipulação de seus arquivos correspondentes e partir da incorporação no código da página, e como os arquivos podem ser acessados pela página em que o ambiente estaria hospedado, haveria uma facilidade de alterações de modo coletivo.

Lançada em 1995, a *JavaScript* é a principal linguagem de programação utilizada para implementar funcionalidades complexas em páginas *web*, como animações, conteúdos interativos, informações em tempo real, gráficos 3D, entre outros. Em função da amplitude de seu uso desde sua criação, considera-se ser um linguagem que teria considerável estabilidade quanto a compatibilidade e possibilidade de edição, o que seria um fator importante para a durabilidade do ambiente, uma vez que se observa-se uma dificuldade de acesso aos primeiros espaços tridimensionais para *web*, cujas tecnologias de construção não são mais compatíveis com navegadores e máquinas atuais, de modo a ser necessário um processo de reconstrução em um tecnologia atual ou de emulação em muitos desses.

Assim, considerando as vantagens observadas em pesquisa, foi realizado no grupo um protótipo de um ambiente tridimensional navegável em *Three.js* (Figura 41), para testar o desempenho e as funcionalidades da biblioteca, estudar os modos de programação, assim como algumas possibilidades de aplicação, como a divisão do espaços em salas para tornar as páginas mais leves e a construção de uma sala iniciação, para posterior ampliação com a agregação de outros ambientes.

Figura 41 - Vista de teste de espaço expositivo realizado com *Three.js*.



Fonte: Arquivo compartilhado por Sérgio Venâncio, integrante do Grupo Realidades.

Até o presente momento da pesquisa, esses foram os estudos e testes realizados pensando-se a possibilidade de um espaço expositivo tridimensional vinculado ao Grupo Realidades, ainda em fase de estudos, ao qual o uso da biblioteca *Three.js* aparenta ser a possibilidade que melhor se adequa às intenções inicialmente propostas para o ambiente.

4.3.3 Trabalhos Experimentais Individuais

4.3.3.1 Experimento de Comparação entre Modelagem e Escaneamento de Objeto Tridimensional

Este experimento tem como objetivo comparar modos de se realizar uma versão digital tridimensional de um objeto concreto, técnicas para sua representação e implicações quanto à verossimilhança, assim como formas de disponibilizar o objeto, os meios de visualização e as percepções de espacialidade resultantes.

Observando-se as exposições realizadas com fotografia 360°, analisadas anteriormente, percebe-se que as obras tridimensionais acabam por ter apenas alguns pontos de visualização limitados ao número de capturas ao seu redor, e geralmente não são disponibilizados outros modos de acesso, como ocorre mais frequentemente com pinturas e outros trabalhos predominantemente bidimensionais. Assim, busca-se testar algumas formas de representação de objetos tridimensionais, sua exibição de modo individual e em um ambiente totalmente concebido com gráficos tridimensionais, e comentar os resultados.

Para tal, foram realizados dois métodos de construção de objetos tridimensionais partindo de uma mesma peça como referência, um pé de ferro de um modelo de fogão antigo (Figuras 42, 43 e 44), o qual será representado a partir dos métodos de fotogrametria e modelagem com base em medições e observação da forma.

Figura 42 - Fotografia de pé de fogão, referência para produção de modelos tridimensionais



Fonte: Autora (2021).

Figura 43 - Fotografia de pé de fogão, referência para produção de modelos tridimensionais



Fonte: Autora (2021).

Figura 44 - Fotografia de pé de fogão, referência para produção de modelos tridimensionais

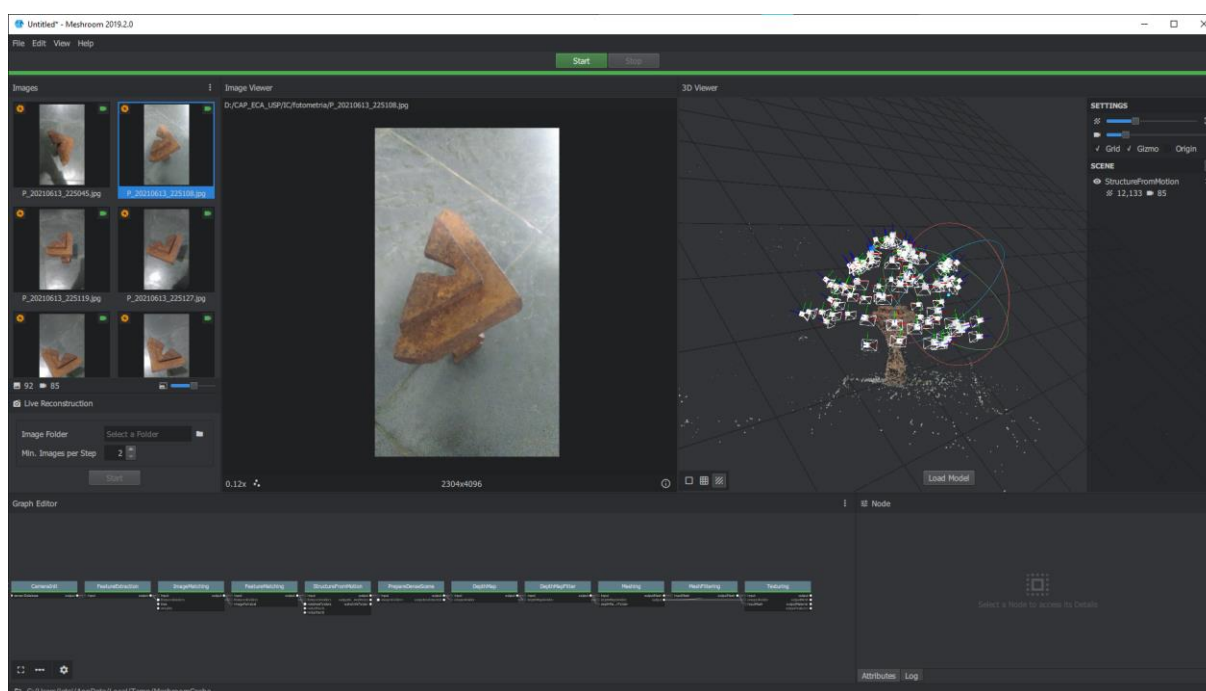


Fonte: Autora (2021).

Primeiramente, escolheu-se o método da fotogrametria como forma de obter um modelo 3D a partir de dados diretamente vinculados ao objeto concreto. Tal processo pode ser realizado por escaneamento 3D, com equipamentos profissionais específicos, porém, existem aplicativos para smartphones que também realizam tal procedimentos, com resultados variados. Em função dos equipamentos disponíveis, optou-se pela fotogrametria, por ter apresentado resultados mais consistentes em relação ao uso de aplicativos.

Segundo o Manual de Fotogrametria, concebido pela Sociedade Americana de Fotogrametria (ASP⁴⁸), de 1966, fotogrametria é a “arte, ciência e tecnologia de obter informações de confiança, sobre objetos e do meio com o uso de processos de registro, medições e interpretações das imagens fotográficas e padrões e energia eletromagnética registrados” (TEMBA, 2000, p. 2). No seguinte caso, foram realizadas uma série de fotografias de diversos pontos de vista ao redor do objeto, mais especificamente 92 fotos, que foram utilizadas como informação para a criação de um modelo 3D no programa *Meshroom* (Figura 45). O *Meshroom* reconstrói um modelo 3D baseado no cruzamento de informações de diferentes fotografias, nesse processo são identificados o posicionamento e a distância da câmera em relação ao objeto e o meio fotografado, e determinados pontos para a construção da malha e texturização com base na combinação de fragmentos de imagem das fotos (Figura 46).

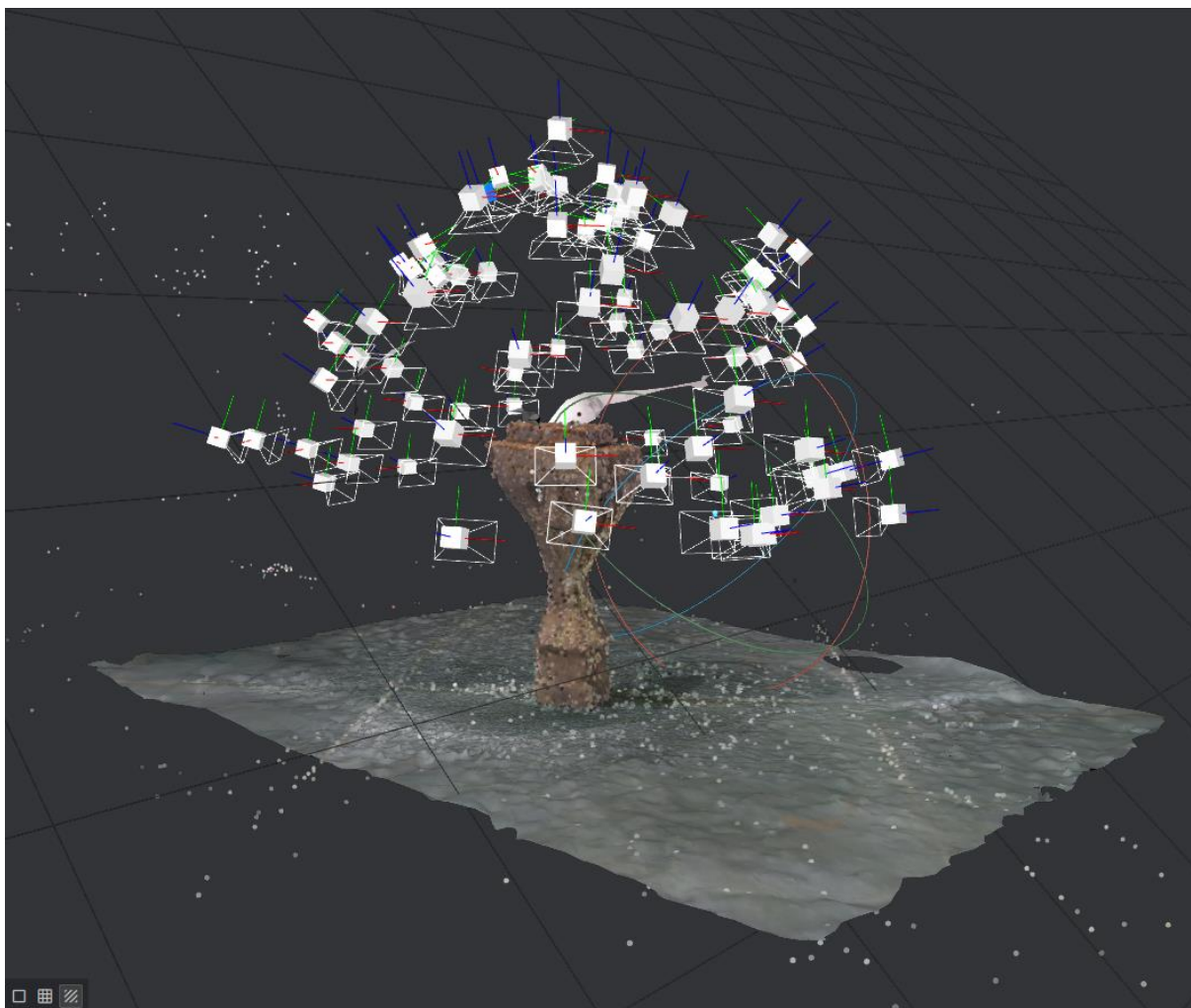
Figura 45 - Processo de realização de modelo 3D por fotogrametria no programa *Meshroom*



Fonte: Autora (2021).

⁴⁸ ASP – American Society of Photogrammetry.

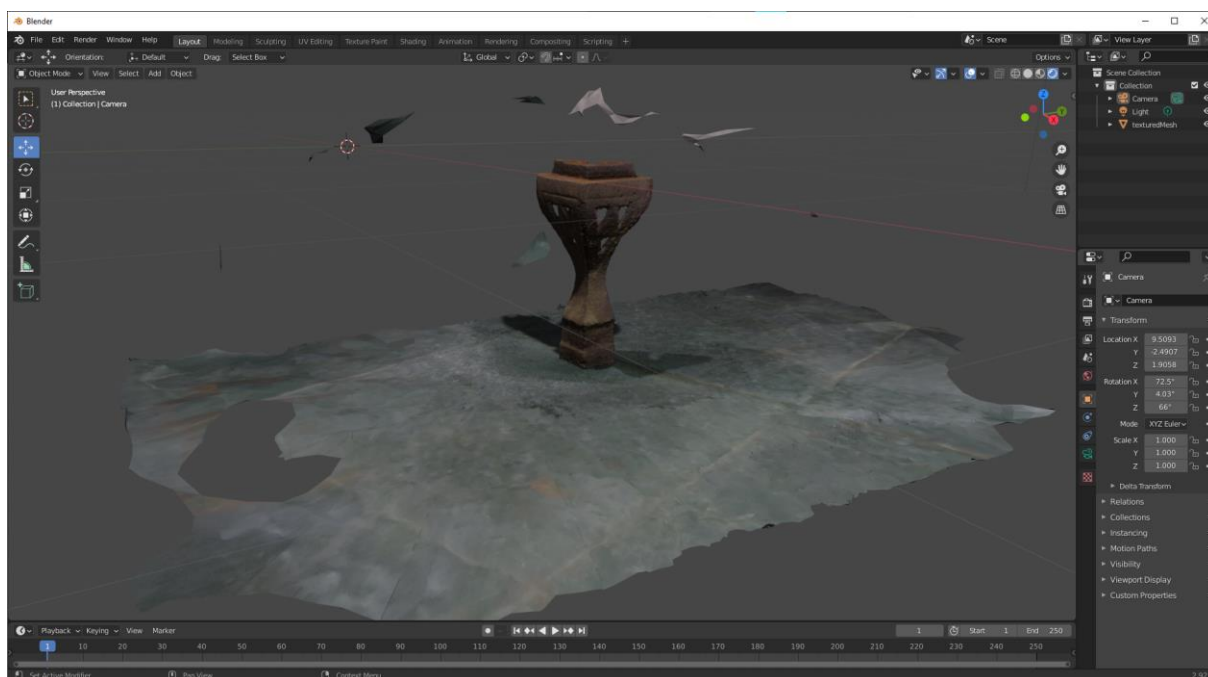
Figura 46 - Modelo 3D realizado no programa *Meshroom* e representação de posição de câmera em relação ao objeto original fotografado



Fonte: Autora (2021).

Finalizada a construção do modelo 3D, este pode ser exportando em formatos que podem ser visualizados e manipulados em outros programa, no caso, fez-se uma exportação em formato OBJ, associado ao arquivo de textura MTL. Como o modelo resultante apresenta o registro do entorno do objeto, importou-se o arquivo no programa *Blender* (Figura 47), para edições dos trechos da malha que não interessavam ao experimento, resultando no modelo do pé de fogão isolado (Figuras 48 e 49).

Figura 47 - Vista de modelo realizado por fotogrametria importando para o programa Blender



Fonte: Autora (2021).

Figura 48 - Renderização de vista frontal modelo 3D resultante do processo de fotogrametria e edição no programa *Blender*.



Fonte: Autora (2021).

Figura 49 - Renderização de modelo 3D resultante do processo de fotogrametria e edição no programa *Blender*

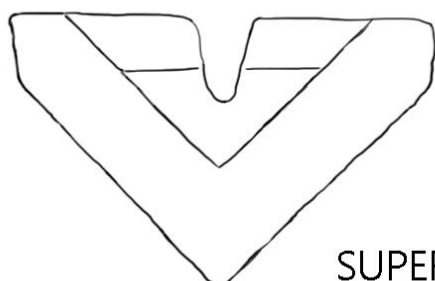


Fonte: Autora (2021).

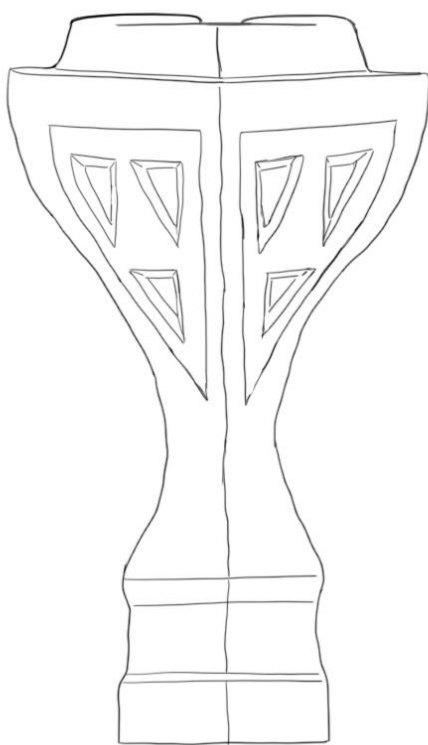
Para o segundo método, optou-se por representar o pé de fogão sem utilizar-se de dados do objeto de forma automatizada, mas a partir de registros como medidas, vistas registradas em desenhos e texturas semelhantes ao seu material. Neste caso, pensou-se em contextos em que não se pode fazer um escaneamento do objeto, em função da falta de equipamentos ou por este não estar fisicamente acessível, como objetos que não existem mais e só se tem registro, portanto, seria um processo de simulação. Assim, foram realizados desenhos de vistas do objeto (Figura 50), proporcionais entre si, que foram utilizados como referência para a criação da malha tridimensional do objeto, realizada do programa *3ds Max*⁴⁹, por meio de procedimentos como extrusão edição de polígonos e subdivisão de superfícies (Figura 51). Finalizada a forma, aplicou-se como material a imagem da textura de ferro enferrujado (Figura 52), não obtida a partir do pé de fogão, ainda que fosse possível fazê-lo, mas semelhante ao aspecto de sua superfície, e renderizou-se o modelo (Figuras 53 e 54).

⁴⁹ Disponível: <<https://www.autodesk.com.br/products/3ds-max/overview>>. Acesso em 28 ago. 2021.

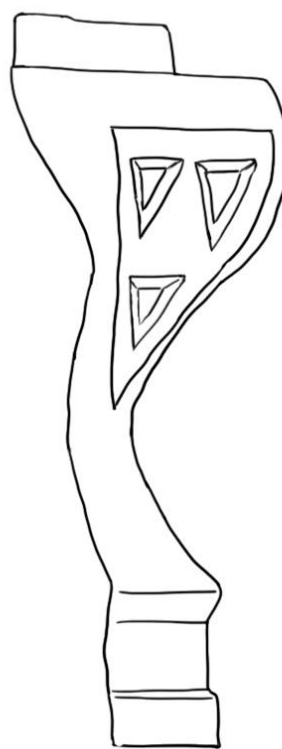
Figura 50 - Desenho de vistas de pé de fogão, referências par modelagem do programa 3ds
Max



SUPERIOR

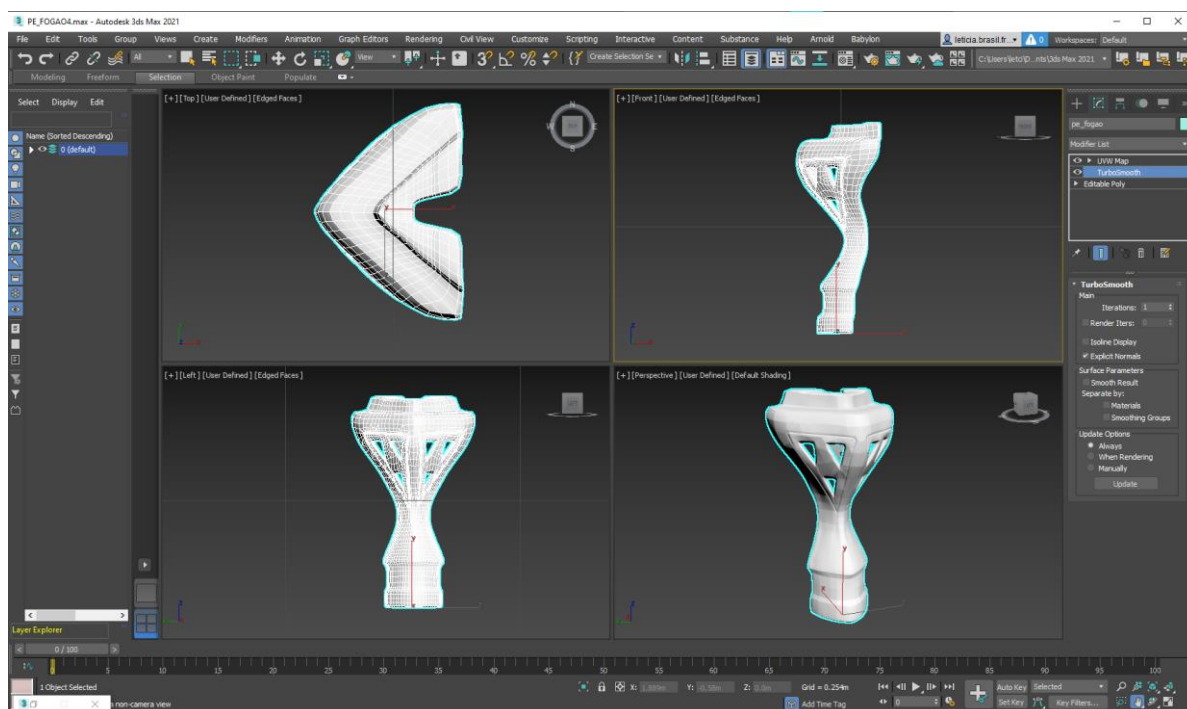


FRONTAL



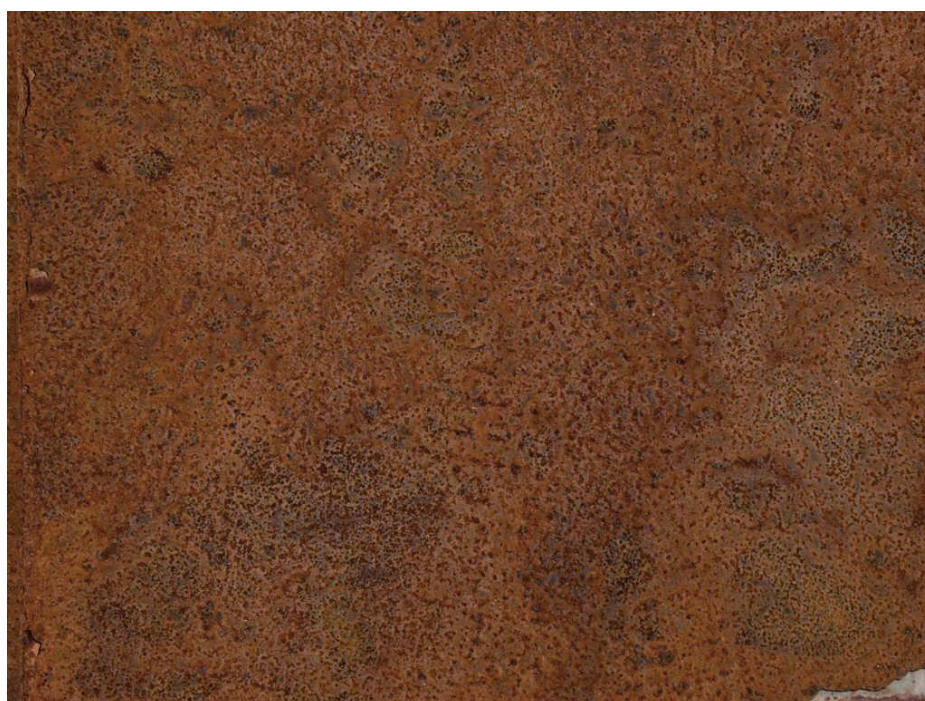
LATERAL

Figura 51 - Vista de malha referente ao pé de fogão no programa 3ds Max



Fonte: Autora (2021).

Figura 52 - Textura utilizada em objeto modelado



Fonte: Autora (2021).

Figura 53 - Renderização de vista frontal de modelo 3D modelado no programa 3ds Max



Fonte: Autora (2021).

Figura 54 - Renderização de vista frontal de modelo 3D modelado no programa 3ds Max



Fonte: Autora (2021).

Comparando-se os dois modelos, percebe-se na versão realizada com fotogrametria, que devido aos recursos materiais disponíveis para o processo de captura das fotografias, o modelo apresenta irregularidades nas bordas e interferências da malha, o que fazem o pé de fogão pareça mais deteriorado em sua forma do que é fisicamente, porém representa certos detalhes relativos a falta de simetria e à forma específica de cada uma das lacunas e dos sulcos triangulares, mais próximos do que como foram representados no segundo objeto, totalmente modelado, em que o processos de construção resultaram em um modelo mais regular, ainda que não se tenha utilizado recursos de simetria automática para a realização da malha. Além disso, o uso da própria textura do objeto apresenta as variações de cor e manchas do pé de fogão original, sem repetição, enquanto o objeto modelado, traz uma textura mais genérica e se dispões de forma mais constante.

De modo geral, enquanto o modelo obtido por fotogrametria representa mais especificamente as particularidades do objeto, o modelado apresenta uma concepção mais genérica desse. Como na fotogrametria, os dados provêm diretamente do pé de fogão que se tem acesso fisicamente, ela representa as características específicas daquele objeto, suas marcas de desgaste na forma e na cor, algo que não seria semelhante em outro pé de fogão do mesmo modelo. No caso da modelagem, formam realizados diversos processos de registro e uso de dados do objeto de forma mais esquemática e observacional, o que reduz a expressão de aspectos particulares ao resultado final, mais próximo de uma representação daquele modelo de pé de fogão do que daquele pé de fogão.

A depender da técnica e dos recursos utilizados, o objeto modelado poderia ser mais verossímil ao objeto original, representando suas irregularidades, porém, seria um processo que demandaria muito mais tempo de trabalho, o que a fotogrametria ou o escaneamento 3D poderiam proporcionar de forma mais rápida. Assim, métodos que se utilizam de dados diretos dos objetos concretos para realizar modelos tridimensionais referentes a esses podem ser alternativas mais convenientes quando se tem acesso ao objeto, enquanto a modelagem pode ser uma opção importante quando não se tem, como simulação.

A seguir, inseriu-se os objetos em dois contextos diferentes, pensando-se em possibilidades de visualização. Como ambos são voltados para disponibilização na

web, fez-se a exportação dos objetos em formato GLB, uma extensão de arquivo que reúne um modelo 3D no formato glTF e informações desse, como materiais, animações, hierarquias e câmeras, e que é otimizado para exibição *online*.

No caso de uma exibição complementar e isolada, utilizou-se o *site Sketchfab*, que permite o compartilhamento de modelos 3D, com variadas formas de interação, como como rotação e *zoom*, visão em primeira pessoa e em realidade virtual. Optou-se pelo modo de visualização *Orbit*, disponível no *site*, que permite a manipulação e observação do objeto em inúmeros ângulos, com a rotação e aproximação do modelo e, conseqüentemente, um acesso fácil e detalhado à toda a constituição do modelo (Figuras 55 e 56).

Figura 55 - Objeto 3D resultante do processo de fotogrametria compartilhado no *site Sketchfab*



Fonte: Perfil da autora no *site Sketchfab*⁵⁰.

⁵⁰ Disponível em: <<https://skfb.ly/ooJ7u>>. Acesso em 18 jul. 2021.

Figura 56 - Objeto 3D resultante do processo de modelagem compartilhado no *site Sketchfab*

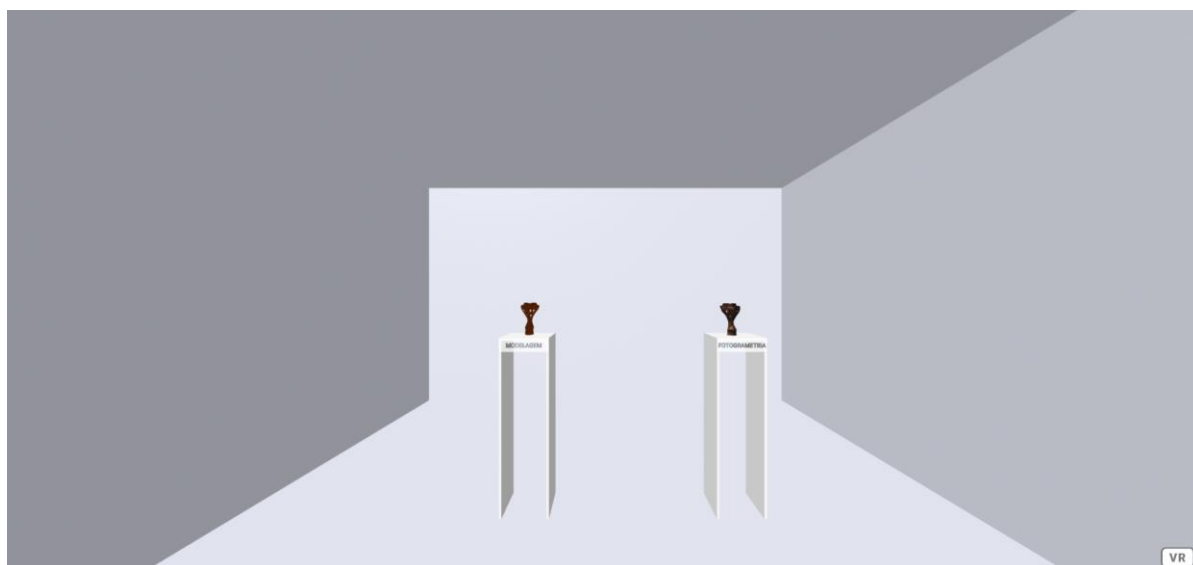


Fonte: Perfil da autora no *site Sketchfab*⁵¹.

Considerando-se agora a inserção em um contexto, como um espaço expositivo concebido em gráficos tridimensionais, construiu-se um ambiente simples a partir do recurso *A-frame*, em que em uma sala quadrada de chão e paredes claros, dispôs-se dois suportes em prisma quadrangular, sobre os quais inseriu-se os objetos produzidos anteriormente (Figuras 57, 58, 59, 60, 61 e 62). Todos os elementos da cena possuem uma relação de escala proporcional às dimensões concretas de um espaço arquitetônico e do pé de fogão representado. O modo de navegação simula as proporções humanas, com o posicionamento da câmera correspondente à altura dos olhos de uma pessoa adulta de estatura média, à 1,6 m em relação ao chão, cujo valor de posição na coordenada y é 0.

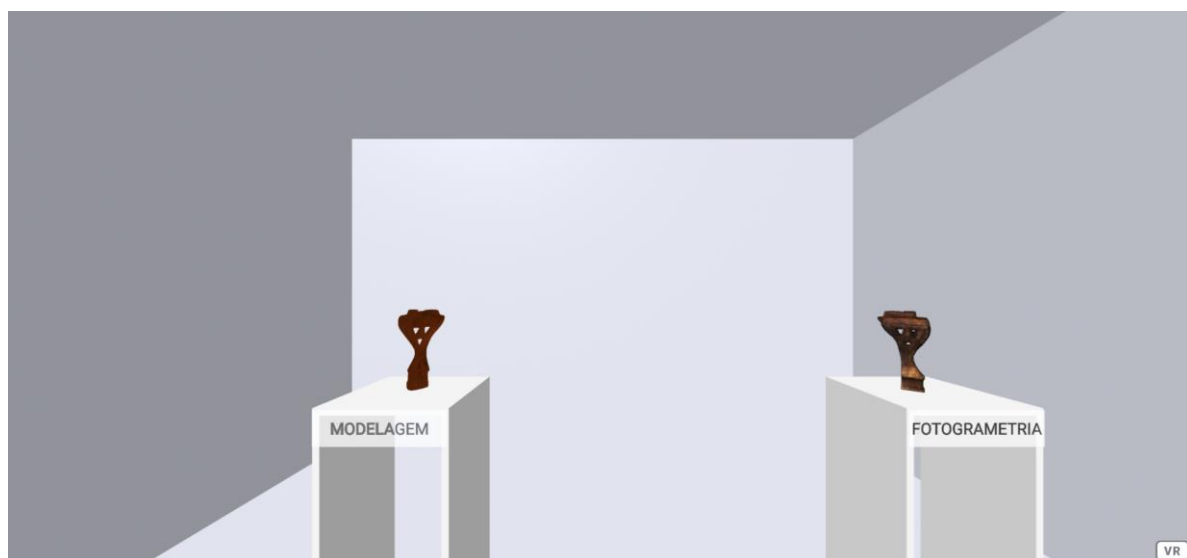
⁵¹ Disponível em: <<https://skfb.ly/oolDH>>. Acesso em 18 jul. 2021.

Figura 57 - Vista inicial de ambiente realizado em *A-frame* com os dois objetos 3D referentes ao pé de fogão dispostos



Fonte: Endereço *web* disponibilizado pela autora⁵².

Figura 58 - Vista de ambiente realizado em *A-frame* com os dois objetos 3D referentes ao pé de fogão dispostos



Fonte: Endereço *web* disponibilizado pela autora⁵³.

⁵² Disponível em: <<https://woblew.github.io/objetos3d/>>. Acesso em 18 jul. 2021.

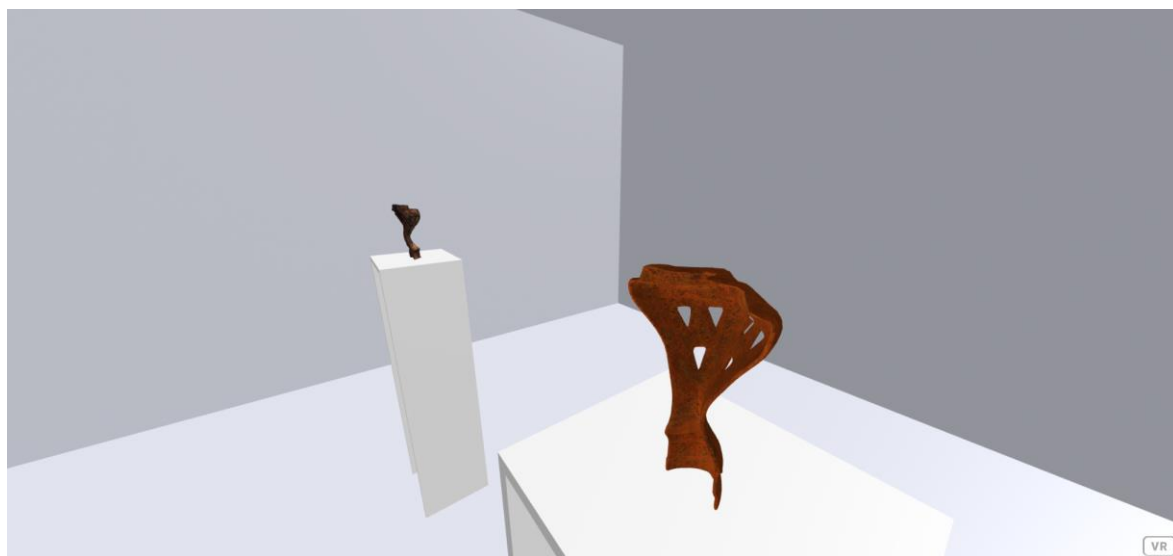
⁵³ Disponível em: <<https://woblew.github.io/objetos3d/>>. Acesso em 18 jul. 2021.

Figura 59 - Vista de objeto resultante do processo de modelagem disposto no ambiente realizado em *A-frame*



Fonte: Endereço *web* disponibilizado pela autora⁵⁴.

Figura 60 - Vista de objeto resultante do processo de modelagem disposto no ambiente realizado em *A-frame*



Fonte: Endereço *web* disponibilizado pela autora⁵⁵.

⁵⁴ Disponível em: <<https://woblew.github.io/objetos3d/>>. Acesso em 18 jul. 2021.

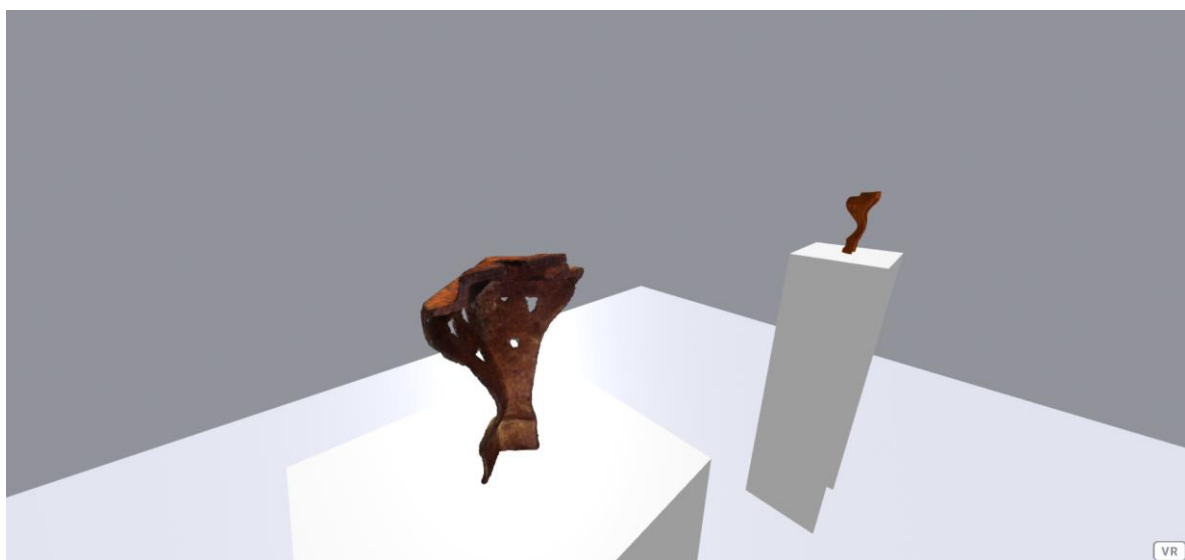
⁵⁵ Disponível em: <<https://woblew.github.io/objetos3d/>>. Acesso em 18 jul. 2021.

Figura 61 - Vista de objeto resultante do processo de fotogrametria disposto no ambiente realizado em *A-frame*



Fonte: Endereço *web* disponibilizado pela autora⁵⁶.

Figura 62 - Vista de objeto resultante do processo de fotogrametria disposto no ambiente realizado em *A-frame*



Fonte: Endereço *web* disponibilizado pela autora⁵⁷.

⁵⁶ Disponível em: <<https://woblew.github.io/objetos3d/>>. Acesso em 18 jul. 2021.

⁵⁷ Disponível em: <<https://woblew.github.io/objetos3d/>>. Acesso em 18 jul. 2021.

As principais diferenças a se pontuar quanto a esses diferentes modos de disponibilização dos objetos é a relação com o contexto e a interação. Em relação ao contexto, no *site Sketchfab*, o modelo é apresentado em um espaço neutro, de forma isolada, sem algum outro referencial de escala, apresentando uma proporção indefinida. Enquanto no espaço em *A-frame*, a contextualização com os outros elementos do ambiente que simulam uma sala e o ponto de vista em uma proporção relativa à altura média do olho humano trazem aos objetos uma relação espacial de escala.

Quanto à interação, no modo de exibição configurado no *Sketchfab*, é permitido ao observador uma relação mais dinâmica com o objeto, a partir de rotações e aproximações, o que possibilita a visualização de detalhes do pé de fogão em diversos ângulos. Enquanto no ambiente em *A-frame*, a navegação em primeira pessoa condiciona a visualização a partir da altura da câmera, relativa ao olhar humano, e objeto pode ser observado de diversos ângulos ao seu redor e de pontos de vista superior. A principal diferença percebida quanto a esse dois contextos é que no *Sketchfab*, a navegação é centrada na visualização do modelo, enquanto no ambiente em *A-frame*, se dá no espaço tridimensional. Assim, recursos como o *site Sketchfab* acabam sendo mais dinâmicos quanto a visualização de detalhes do objeto, enquanto ambientes tridimensionais com navegação em primeira pessoa são mais centrados na simulação do deslocamento e observação de um ser humano em um espaço, e a visualização de um objeto nesse espaço está vinculada aos aspectos dessa simulação.

Em todos esses processos de manipulação e disponibilização é importante pontuar o quanto certos aspectos do objeto, principalmente quanto à textura e à cor, são afetados em função do *renderizador* de cada um dos meios, então a aparência do objeto na área de trabalho de um programa de modelagem ou renderizado por esse será diferente quando importando para um *site* ou ambiente tridimensional para *web*. Em cada caso, buscou-se realizar as edições quanto às texturas, a partir dos recursos disponíveis no *site*, como no *Sketchfab*, ou por modificações de cor nos arquivos de imagem correspondentes, para se aproximar de uma representação mais próxima à aparência do pé de fogão matricial.

Deste modo, conclui-se a potencialidade de cada um dos procedimentos descritos em função da intencionalidade definida para o objeto tridimensional a ser disponibilizado. O acesso por um visualizador de modelos tridimensionais resulta em uma visualização isolada, em que as relações espaciais serão mais características ao meio digital, em uma percepção de escala menos marcada, e quando inserido em um contexto tridimensional que simula o deslocamento de uma pessoa no espaço, o objeto será visto em relação a outros, com elementos de referência para a assimilação de uma escala, e em alusão a aspectos do meio tangível. Assim, cada forma de lidar com a exposição de um objeto tridimensional *online* poderá ser mais coerente em função de que características pretende-se enfatizar em sua apresentação.

4.3.3.2 Experimento de Desenho em Perspectiva *Equirretangular* Esférica

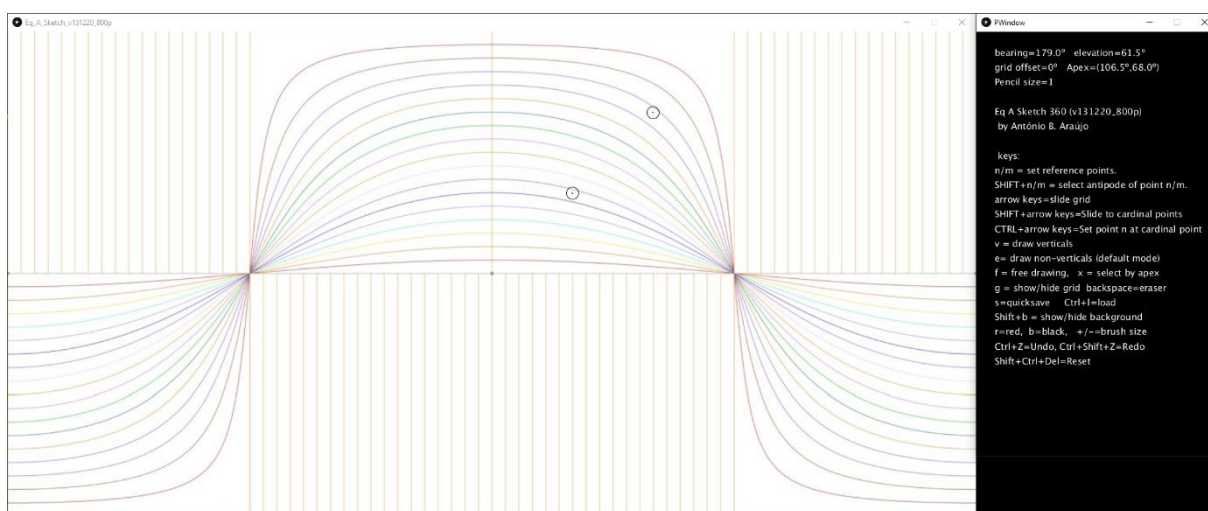
Neste experimento, propõe-se a realização de desenhos em Perspectiva *Equirretangular* Esférica, que resultarão em uma imagem a ser visualizada em 360°. Com essa experiência, busca-se compreender alguns métodos de construção dessa perspectiva e os processos de distorção que configuram a imagem panorâmica em um plano, como os aplicados em fotografias 360°, articulando-se procedimentos empíricos com conceitos básicos e perceptíveis visualmente desse tipo de perspectiva, sem abordar os complexos princípios matemáticos envolvidos. São realizados dois procedimentos: o desenho no plano para posterior visualização em 360° e desenho em interface esférica que resultara em um panorama plano.

Para o primeiro procedimento, usou-se o *Eq A Sketch 360* (Figura 63), como já comentado, um programa para “develop sketching intuition regarding the structure of equirectangular drawing as proper perspective drawing, with its specific constructions of vanishing points, geodesic segments, line projections, antipodes, and grids”⁵⁸ (ARAÚJO, 2019, p.1). A ferramenta, portanto, torna-se útil para a realização de esboços, seguindo os princípios de construção geométrica próprios desse tipo de

⁵⁸ Em tradução nossa: “desenvolver a intuição de esboço sobre a estrutura do desenho *equirretangular* como desenho em perspectiva própria, com suas construções específicas de pontos de fuga, segmentos geodésicos, projeções de linha, antípodas e grades”.

perspectiva, para posterior finalização e visualização 360° em outras ferramentas. Dentre os principais recursos disponíveis no programa, pode-se citar: a informação dos ângulos de deslocamento horizontal e de elevação da esfera correspondentes ao posicionamento do *mouse*, a grade guia com marcação de linha do horizonte, verticais e curvas horizontais, e a função de cálculo de forma da geodésia resultante da ligação de dois pontos da esfera, as quais seriam retas em perspectiva linear.

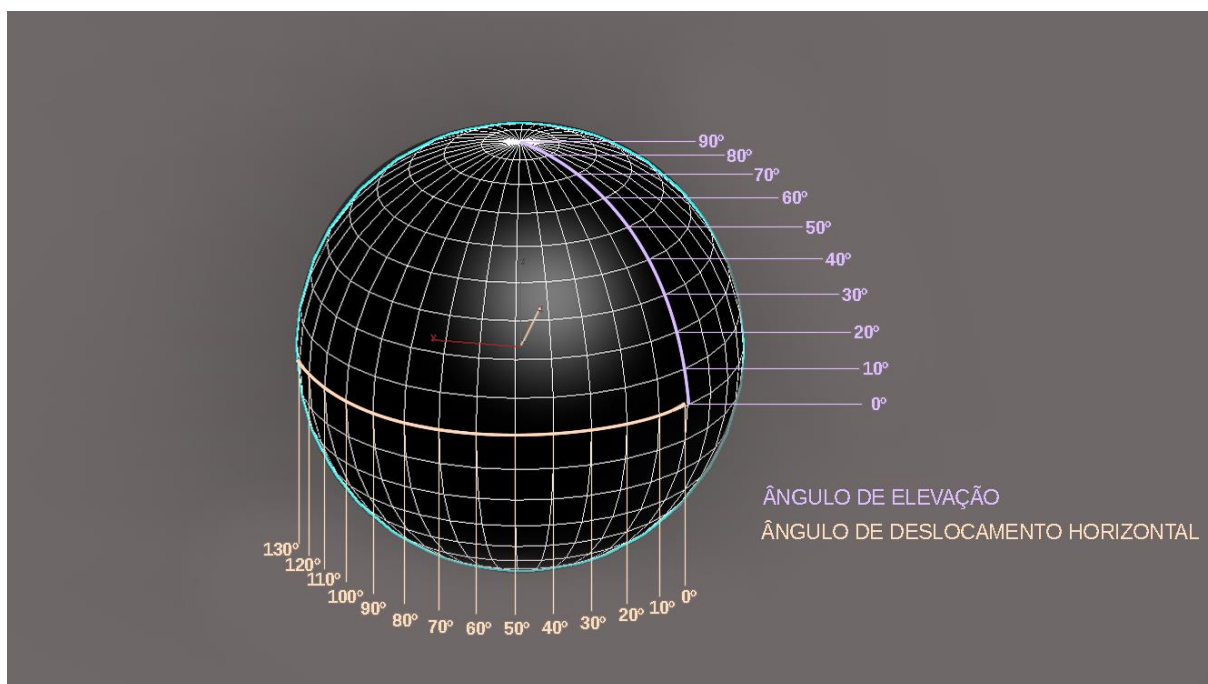
Figura 63 - Interface do programa *Eq A Sketch 360*



Fonte: *Eq A Sketch 360*.

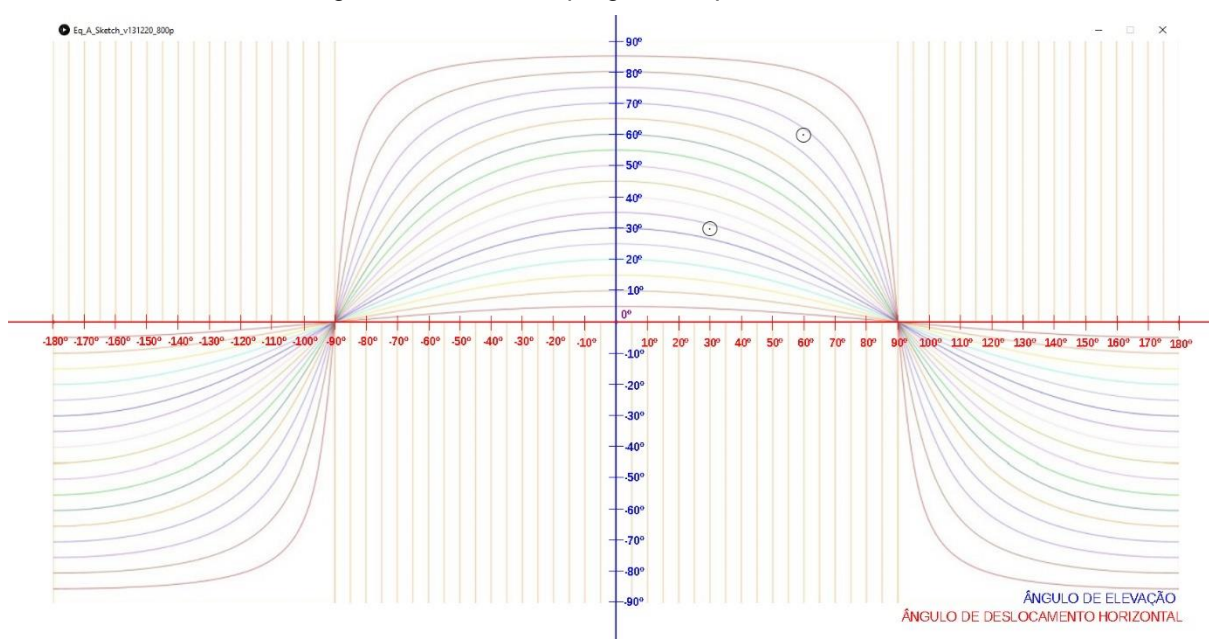
Para a utilização da ferramenta, é importante entender alguns fatores quanto a correspondência espacial de áreas da grade plana em relação à esfera (Figura 64). Primeiramente, as curvas do *grid* são referentes aos ângulos de elevação e as linhas verticais demarcam os ângulos de deslocamento horizontal, ou seja, partindo de um ponto zero na linha do horizonte no centro da malha, a uma variação de 0° a 90° para acima e para baixo, e de 0 a 180° para a direita e para a esquerda, respectivamente (Figura 65).

Figura 64 - Localização dos ângulo de elevação em esfera.



Fonte: Autora (2021).

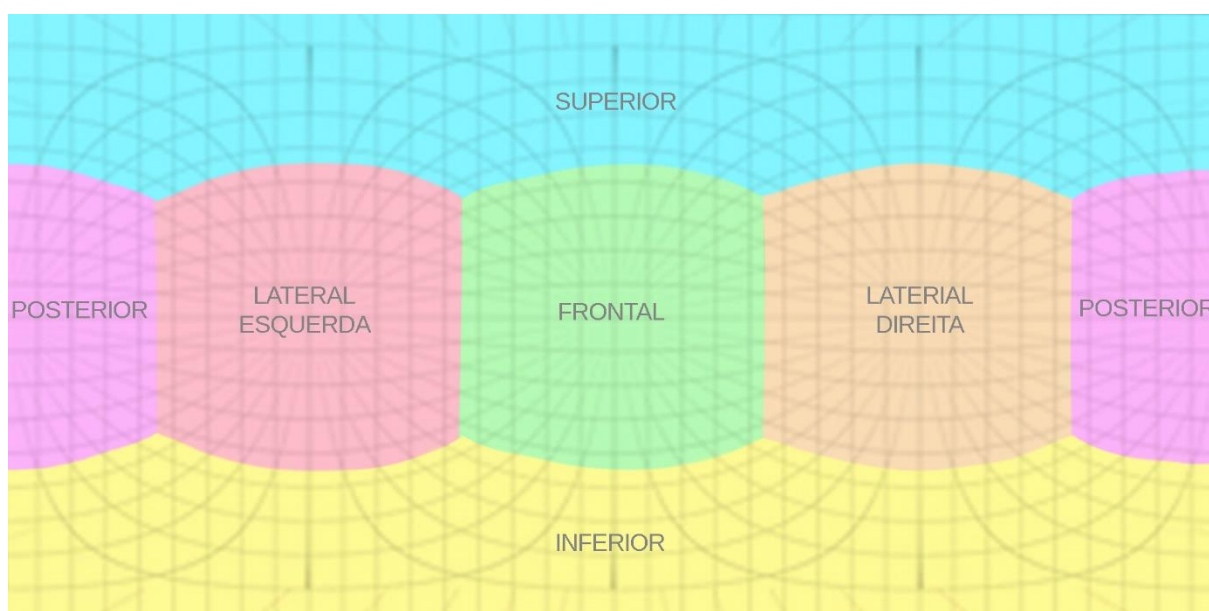
Figura 65 - Correspondência da localização dos ângulo de elevação e deslocamento horizontal no grid da interface do programa *Eq A Sketch 360*.



Fonte: Autora (2021).

A partir dos valores dos ângulos apresentados, costuma-se dividir as áreas da esfera por faces, em associação a um cubo, de modo a determinar seis vistas: frontal, posterior, lateral esquerda, lateral direita, inferior e superior (Figura 66). Cada vista lateral corresponde a um trecho de 90° no deslocamento horizontal, e 90° na elevação, sendo 45° acima e 45° abaixo da linha do horizonte. Enquanto as vistas superior e inferior ocupam os espaços acima e abaixo das vistas laterais, respectivamente, possuindo uma extensão de 90° na elevação e 360° no deslocamento horizontal.

Figura 66 - Correspondência de vistas em áreas de grid de perspectiva *equirretangular* esférica

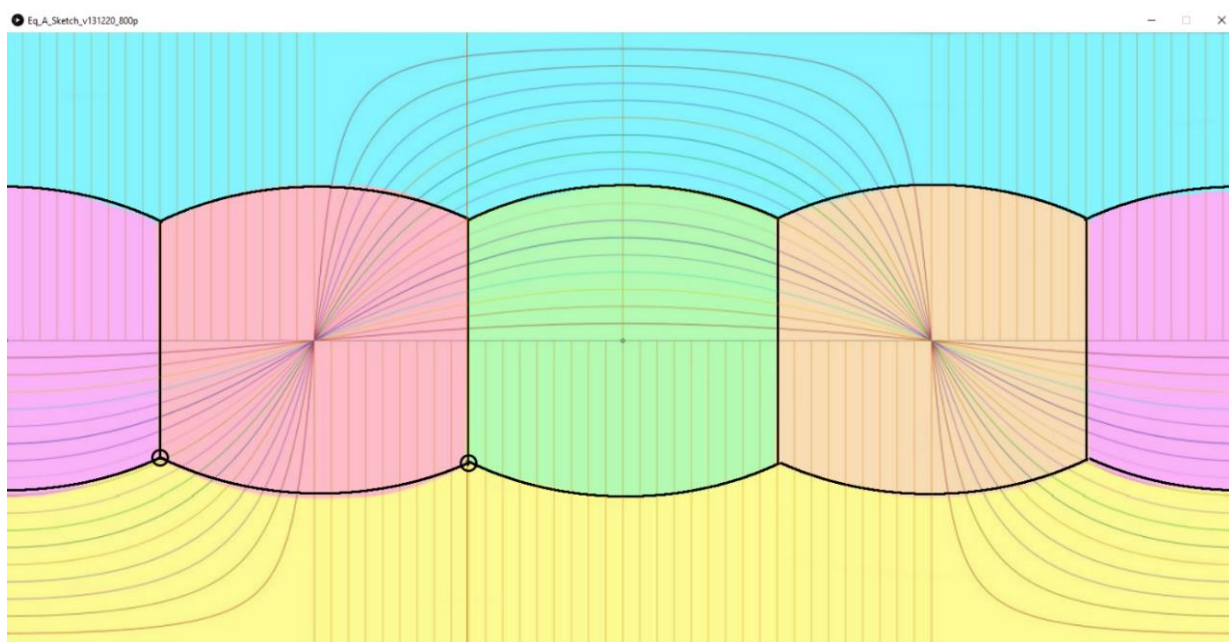


Fonte: Autora (2021).

Assim, ao contornar-se os limites entre as faces apresentadas, obterá-se como resultado um cubo, que poderá ser observado internamente quando visualizado em 360° , em função do ponto de vista do observador nessas imagens, que encontra-se no centro da esfera. Para realizar tal experimento, utilizou-se uma imagem de referência para a demarcação das faces, inseriu-se uma imagem ao plano de fundo do programa a partir do procedimento de salvar uma imagem na proporção 2:1 sob o nome de *background* na pasta *data*, dentro da pasta do programa. Em seguida, selecionando os dois pontos que deveriam ser ligados, pressionando-se as teclas *n* e

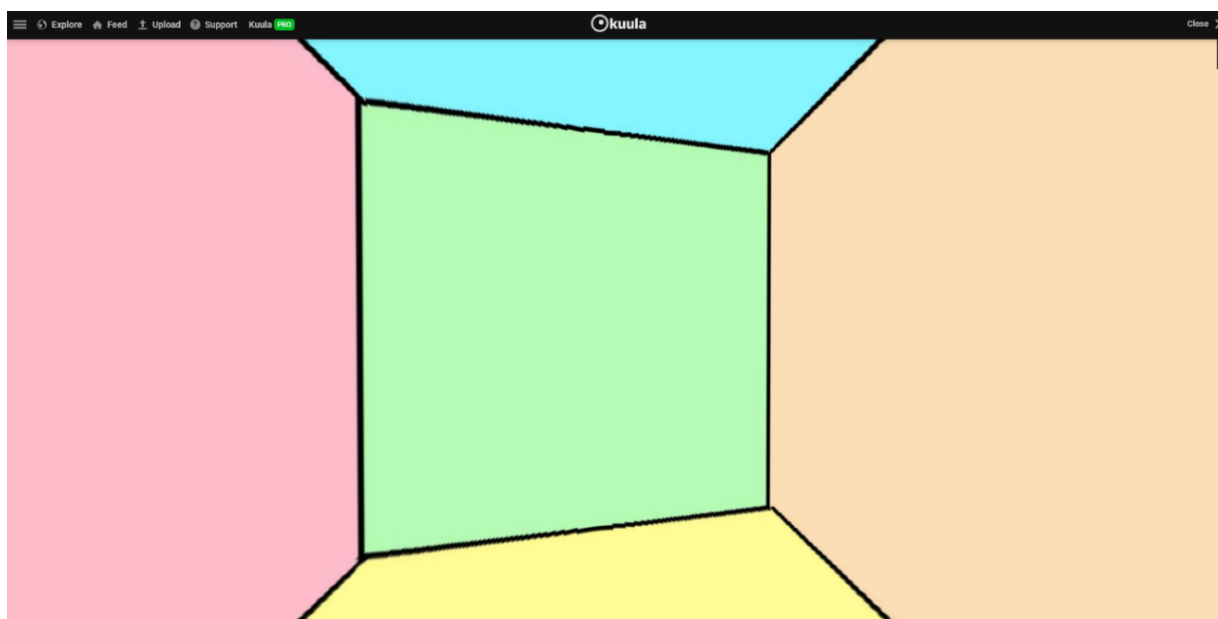
m, desenhou-se as linhas horizontais, e com tecla *v*, determinou-se as retas verticais nos locais pretendidos (Figura 67). Para visualizar a imagem em 360°, inseriu-se a imagem na ferramenta de *tours* virtuais *Kuula*, assim com fez-se para todos os exemplos seguintes (Figura 68).

Figura 67 - Desenho de cubo no programa *Eq A Sketch 360*



Fonte: Autora (2021).

Figura 68 - Visualização de cubo em 360° na plataforma *Kuula*

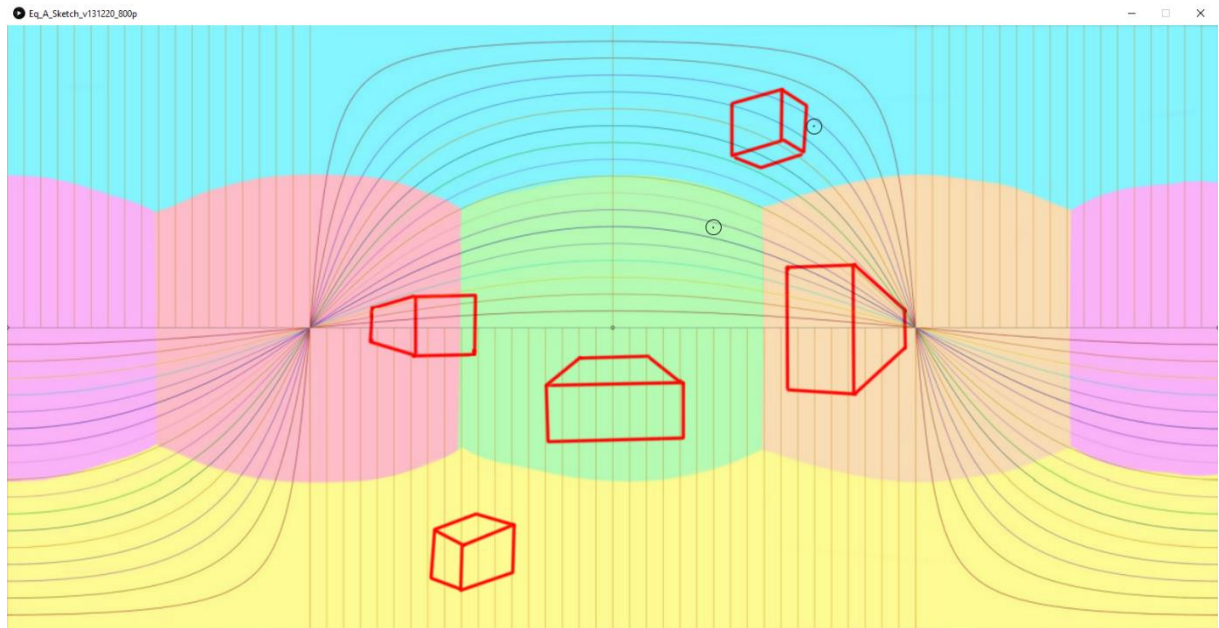


Fonte: Perfil da autora na plataforma *Kuula*⁵⁹.

Em seguida, experimentou-se converter um desenho em perspectiva linear para *equirretangular* esférica (Figura 69), para testar em que circunstâncias tal procedimento pode funcionar de forma prática. Para tal, fez-se alguns testes, inserindo-se uma imagem de referência de alguns cubos em diferentes ângulos no programa, e criando as geodésias a partir de seus vértices (Figuras 70).

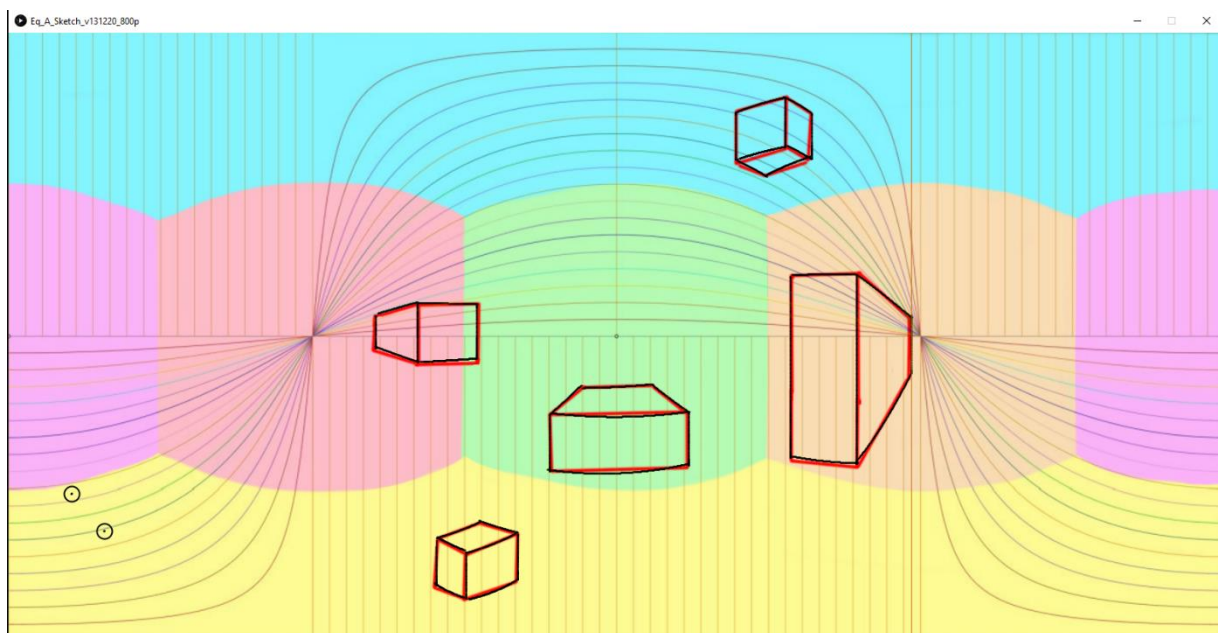
⁵⁹ Disponível em: <<https://kuula.co/share/7t8kh?fs=1&vr=0&thumbs=1&info=1&logo=1>>. Acesso em 13 jun. 2021.

Figura 69 - Esboço de cubos em perspectiva linear no programa *Eq A Sketch 360*



Fonte: Autora (2021).

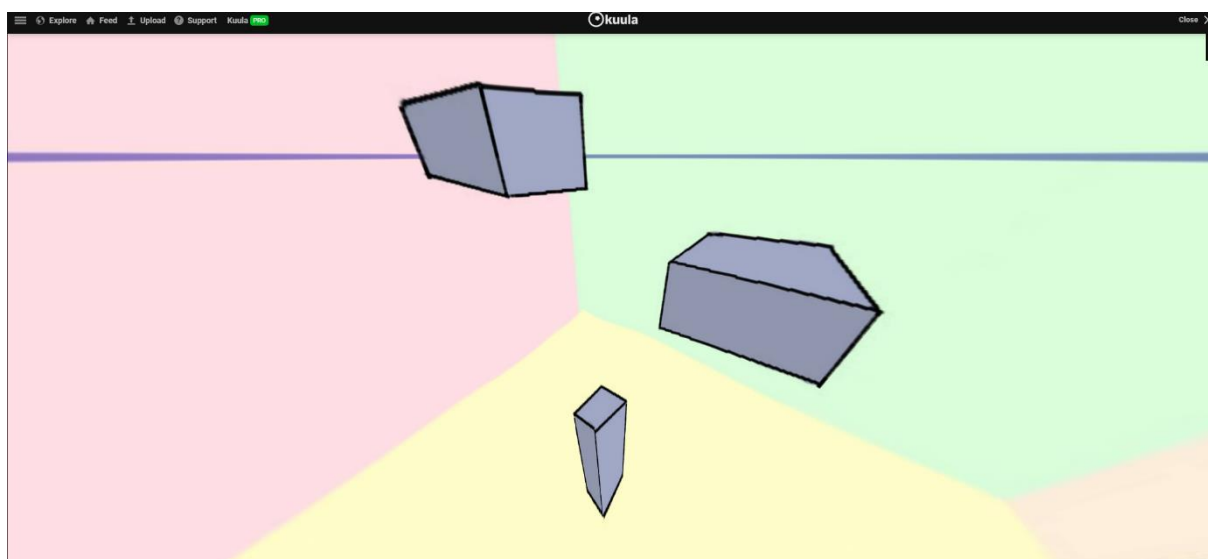
Figura 70 - Traço de geodésias (em preto) a partir de vértices de cubos em perspectiva linear (em vermelho) no programa *Eq A Sketch 360*



Fonte: Autora (2021).

A partir da experiência com os cubos, percebeu-se que a transposição direta de uma forma em perspectiva linear para *equirretangular* esférica ligando os pontos da forma para desenhar curvas, apresenta um resultado mais verossímil quando realizada da área das faces laterais (Figuras 71 e 72), e com maior controle do resultado final quando desenhado totalmente em uma vista, uma vez que o desenho sobre cada uma pode ser tratado em correlação à perspectiva linear com apenas um ponto de fuga. Porém as vistas posterior e superior possuem uma outra conformação e maiores distorções, os cubos testados ficaram com a altura muito alongada. O desenho direto, portanto, torna-se menos intuitivo.

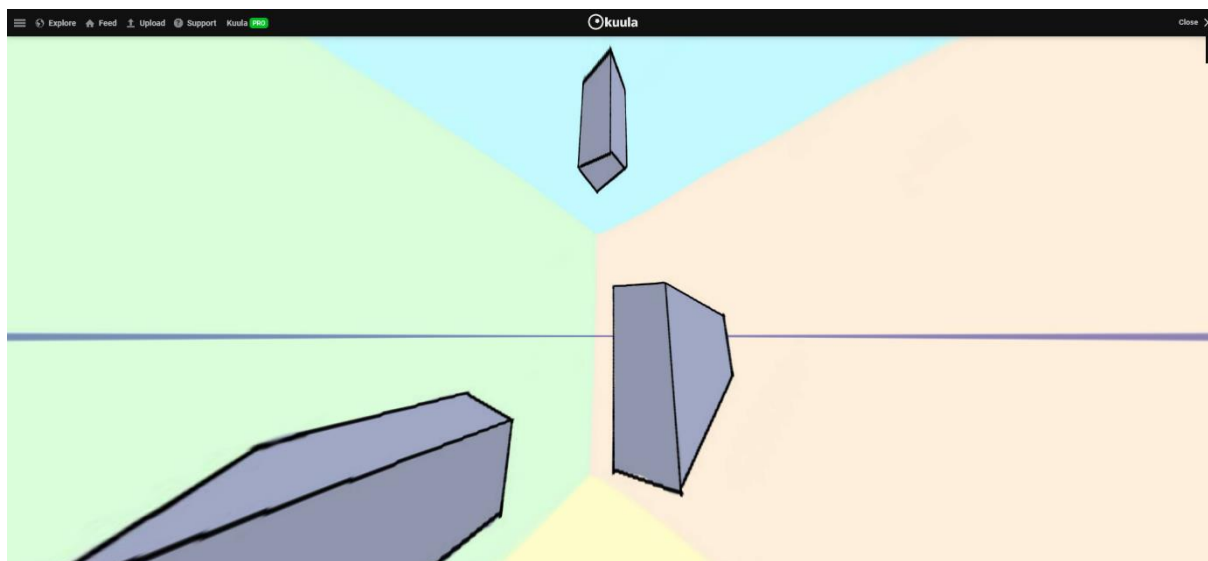
Figura 71 - Visualização de cubos em 360° na plataforma *Kuula*



Fonte: Perfil da autora na plataforma *Kuula*⁶⁰.

⁶⁰ Disponível em: <<https://kuula.co/share/7tjIN?fs=1&vr=0&thumbs=1&info=1&logo=1>>. Acesso em 18 jun. 2021.

Figura 72 - Visualização de cubos em 360° na plataforma *Kuula*

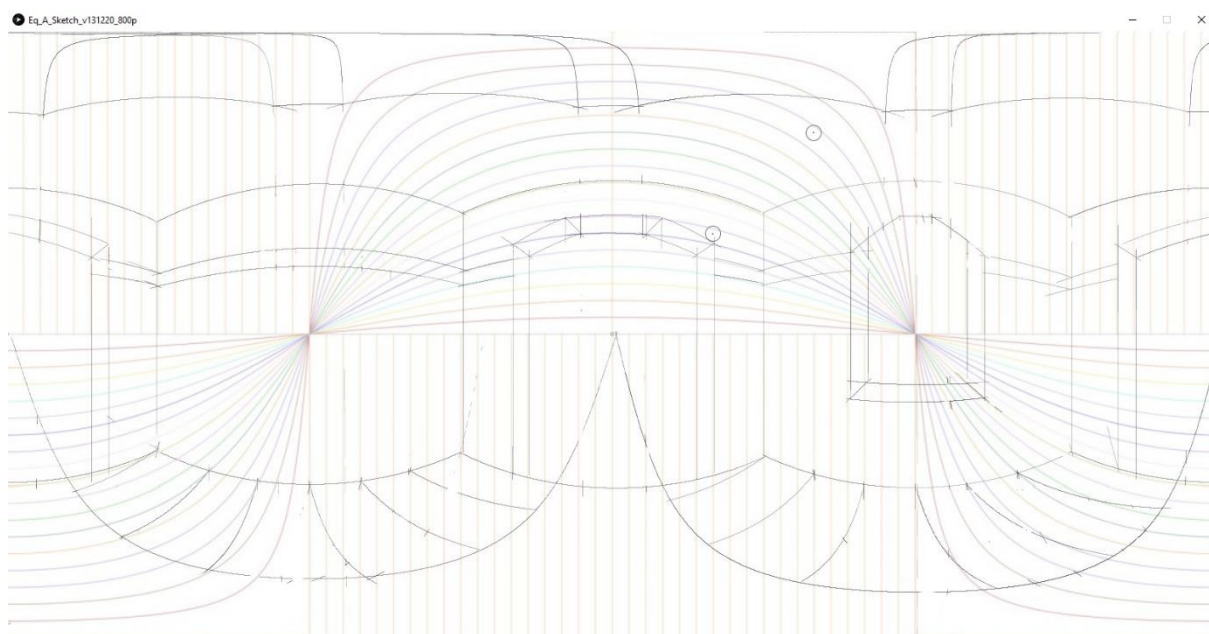


Fonte: Perfil da autora na plataforma *Kuula*⁶¹.

Buscou-se, a partir das conclusões obtidas com os experimentos, realizar um desenho de um ambiente mais elaborado, em 360°, utilizando o *Eq A Sketch 360* para esboço e marcação de sua estrutura geométrica. Optou-se pela elaboração do ambiente interno de uma sala, da qual pode-se observar uma paisagem externa a partir de suas portas e janelas. Com a demarcação das paredes, chão e teto da sala correspondentes às vistas, trabalhou-se alguns elementos em cada face, assim como itens que possuíam continuidade entre essas. Para as vistas superior e inferior, buscou-se tomar como referência pontos das arestas superior e interior das faces laterais, ligando-os de modo a desenhar das faces superior ou inferior, imaginando a relação desses pontos dentro de um cubo (Figura 73).

⁶¹ Disponível em: <<https://kuula.co/share/7tjIN?fs=1&vr=0&thumbs=1&info=1&logo=1>>. Acesso em 18 jun. 2021.

Figura 73 - Esboço de desenho em perspectiva *equirretangular* esférica no programa *Eq A Sketch 360*

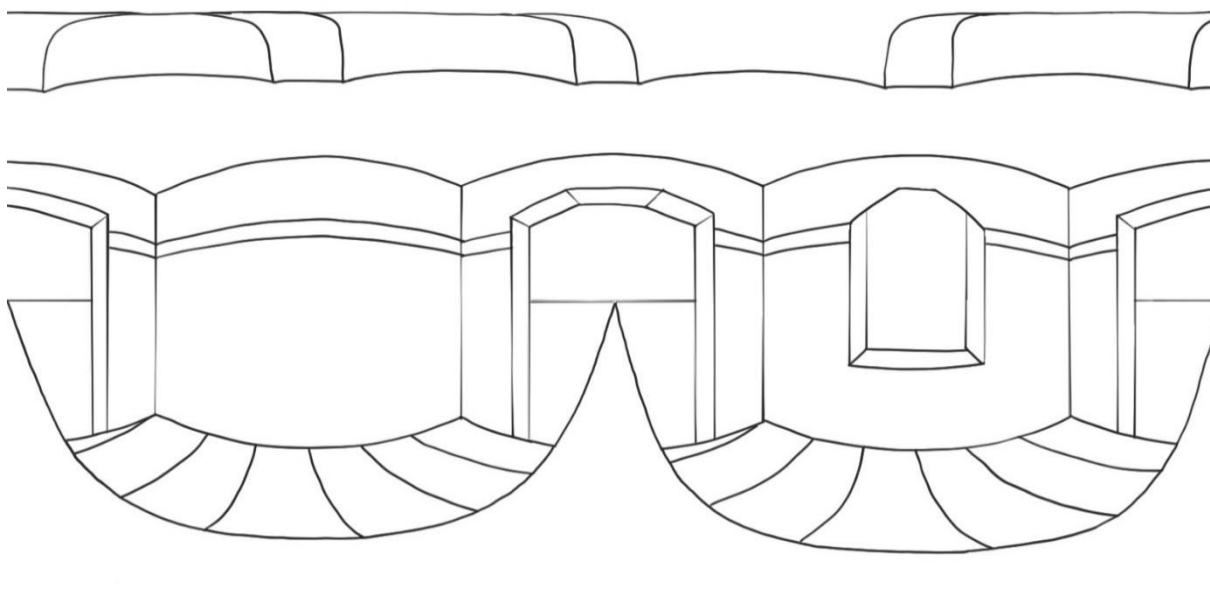


Fonte: Autora (2021).

Com a construção do desenho essencialmente pela ligação de pontos, percebe-se a partir das linhas curvas calculadas pelo programa, que quanto maior o ângulo de elevação, ou seja, quanto mais distante da linha do horizonte, maiores são as distorções sobre a forma.

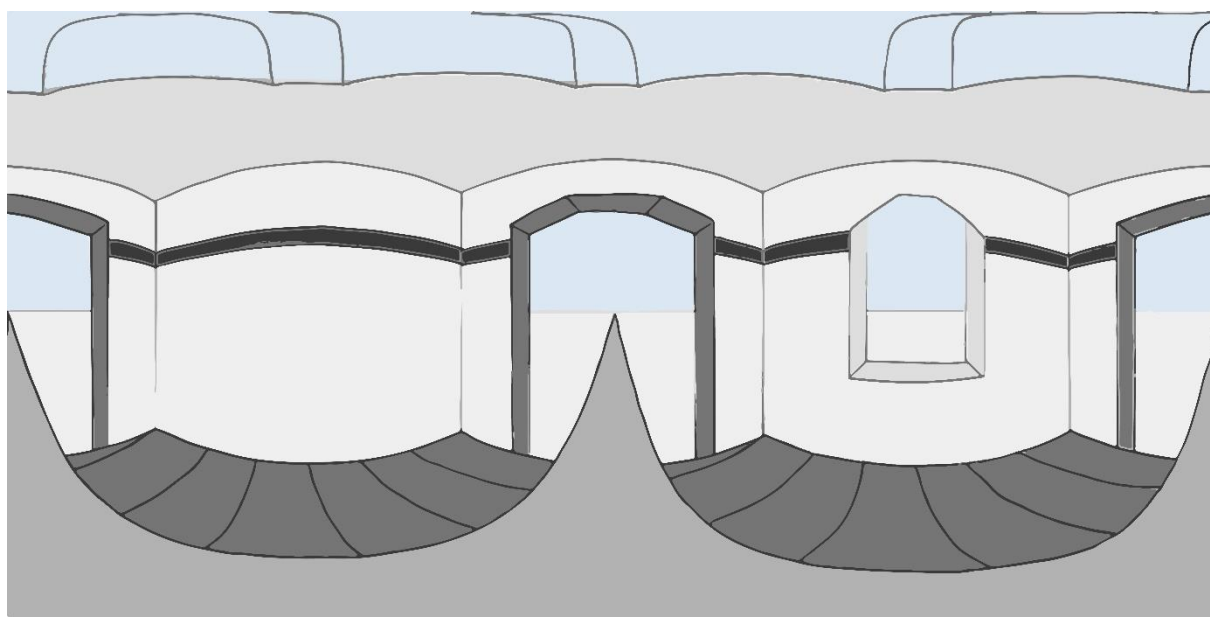
Finalizado o esboço, testou-se na ferramenta *Kuula* se o desenho funcionava como concebido quando visualizado em 360°, e exportou-se a imagem resultante do *Ed A Sketch 360* para o editor de imagem *Photoshop*, para traçado das linhas finais (Figura 74) e pintura do desenho (Figura 75), e posterior disponibilização *online* também a partir do *site Kuula* (Figuras 76, 77 e 78).

Figura 74 - Determinação de contornos de desenho em perspectiva *equirretangular* esférica



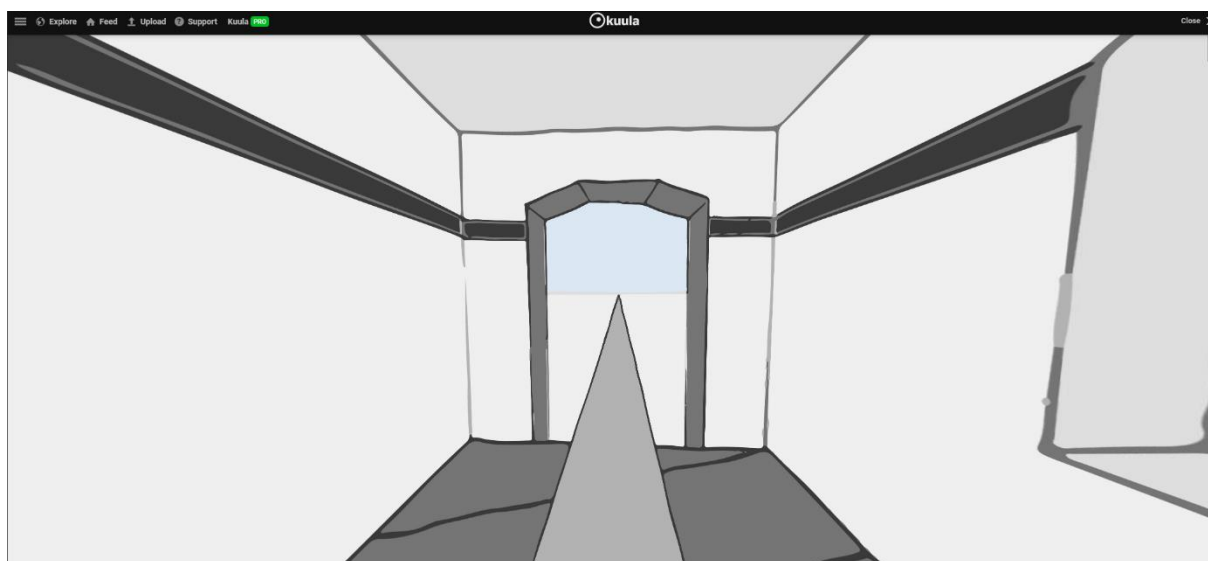
Fonte: Autora (2021).

Figura 75 - Colorização de acabamento ode desenho em perspectiva *equirretangular* esférica



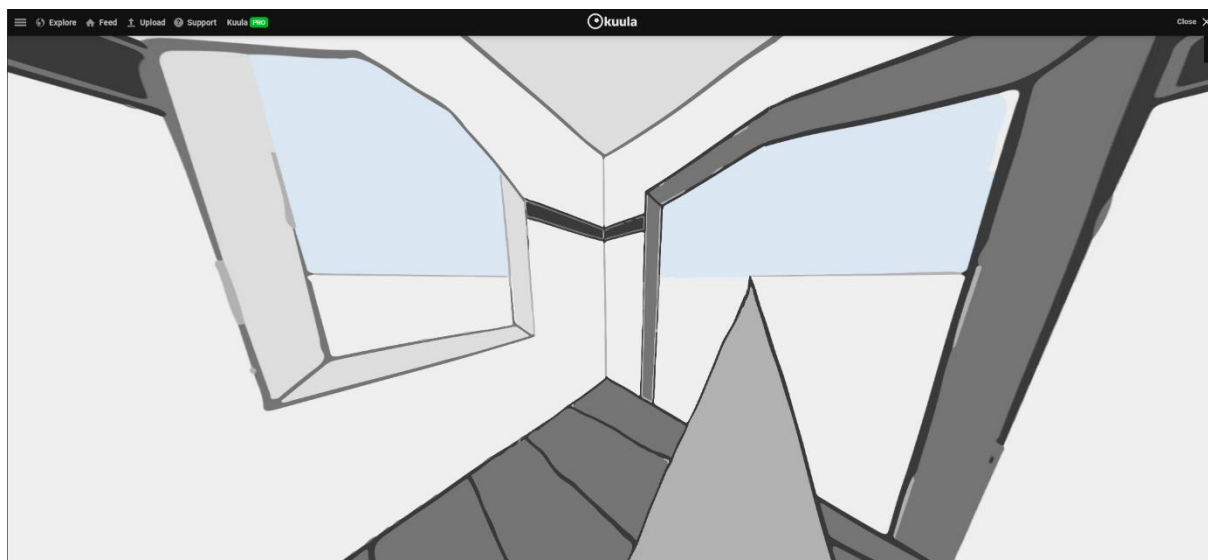
Fonte: Autora (2021).

Figura 76 - Visualização de desenho em 360° na plataforma *Kuula*



Fonte: Perfil da autora na plataforma *Kuula*⁶².

Figura 77 - Visualização de desenho em 360° na plataforma *Kuula*

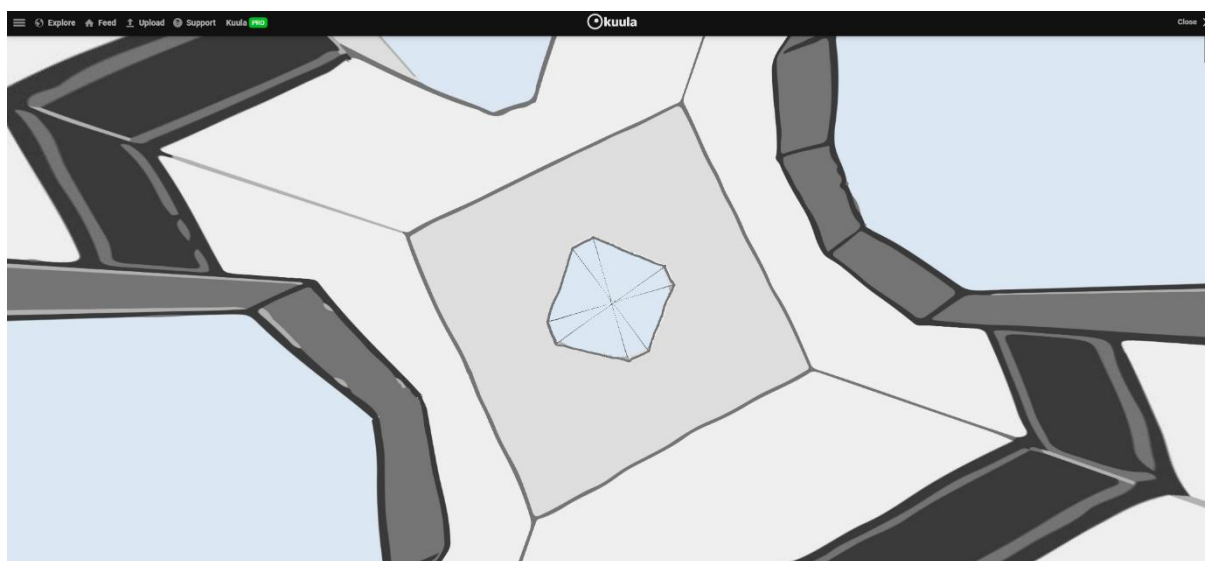


Fonte: Perfil da autora na plataforma *Kuula*⁶³.

⁶² Disponível em: <<https://kuula.co/share/7SBzq?fs=1&vr=0&sd=1&thumbs=1&info=1&logo=0>>. Acesso em 18 jun. 2021.

⁶³ Disponível em: <<https://kuula.co/share/7SBzq?fs=1&vr=0&sd=1&thumbs=1&info=1&logo=0>>. Acesso em 18 jun. 2021.

Figura 78 - Visualização de desenho em 360° na plataforma *Kuula*



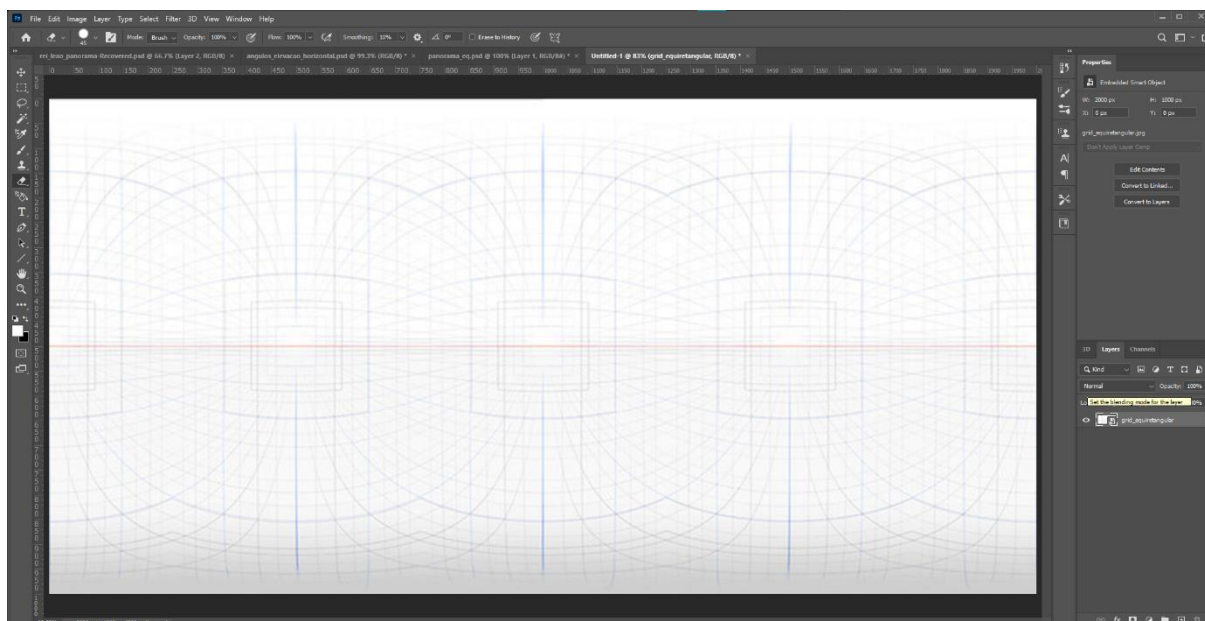
Fonte: Perfil da autora na plataforma *Kuula*⁶⁴.

Para o segundo procedimento, utilizou-se de ferramentas 3D do *Photoshop CC* (versão 2020), que permitem a realização do desenho diretamente em uma superfície esférica rotacionável, de modo a visualizar-se o resultado em 360° da imagem simultaneamente à sua produção.

Utilizando-se como base um grid base para perspectiva *equirretangular* esférica (Figura 79), criou-se um arquivo com dimensões na proporção 2:1, necessária para evitar maiores distorções, considerando-se que a medida horizontal representa a extensão 360° da esfera, enquanto cada vertical, 180°.

⁶⁴ Disponível em: < <https://kuula.co/share/7SBzq?fs=1&vr=0&sd=1&thumbs=1&info=1&logo=0>>. Acesso em 18 jun. 2021.

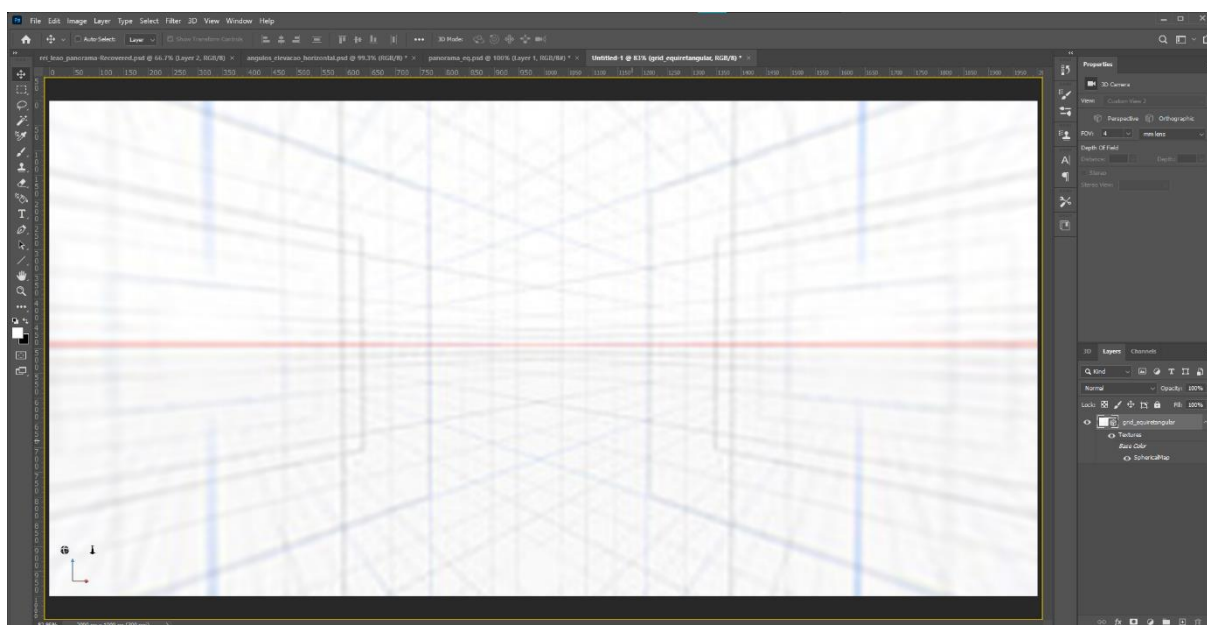
Figura 79 - Grid de linhas de perspectiva para panorama em perspectiva *equirretangular* esférica no programa *Photoshop CC*



Fonte: Autora (2021).

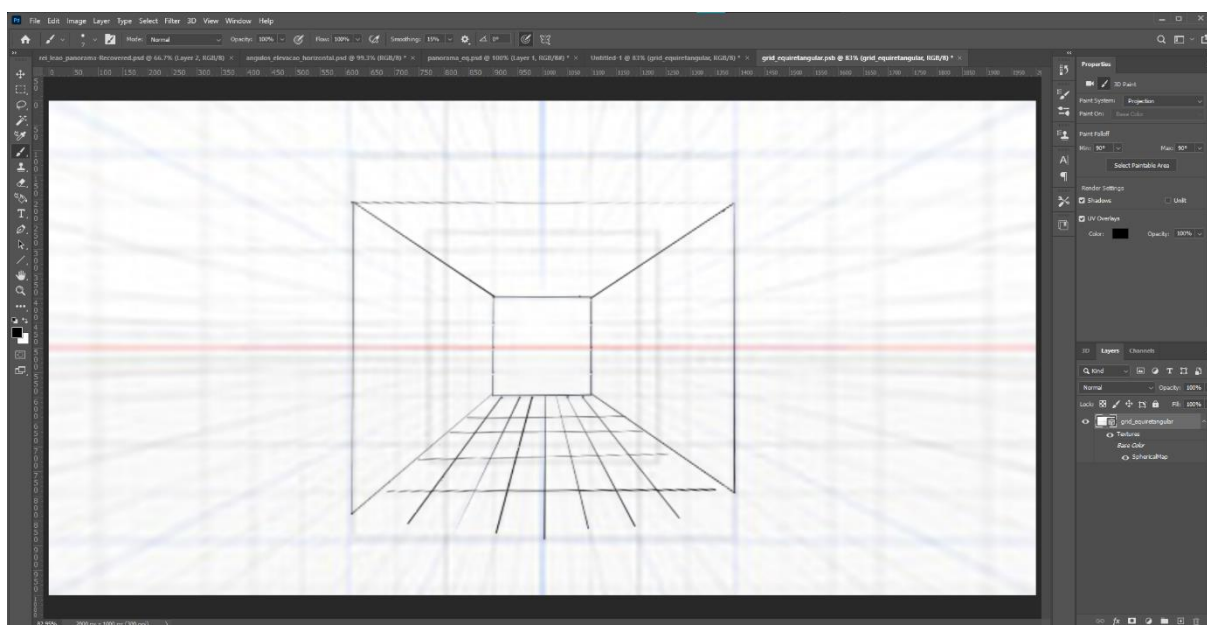
A partir do caminho: *3D > Spherical Panorama > New Panorama Layer From Selected Layers*, converteu-se o espaço plano na superfície interna de uma esfera, na qual se pode desenhar diretamente e cujos pontos de vista para desenho podem ser alterados com a movimentação da tela a partir do atalho da tecla *v*. As linhas curvas do grid tornam-se retas, e indicam pontos de fuga que podem auxiliar na construção da imagem (Figura 80). Percebe-se como as linhas de perspectiva em cada face assemelham-se a uma perspectiva linear com um ponto de fuga (Figura 81).

Figura 80 - Visualização de grid de linhas de perspectiva para panorama em perspectiva *equirretangular* esférica no modo 3D do programa *Photoshop CC*



Fonte: Autora (2021).

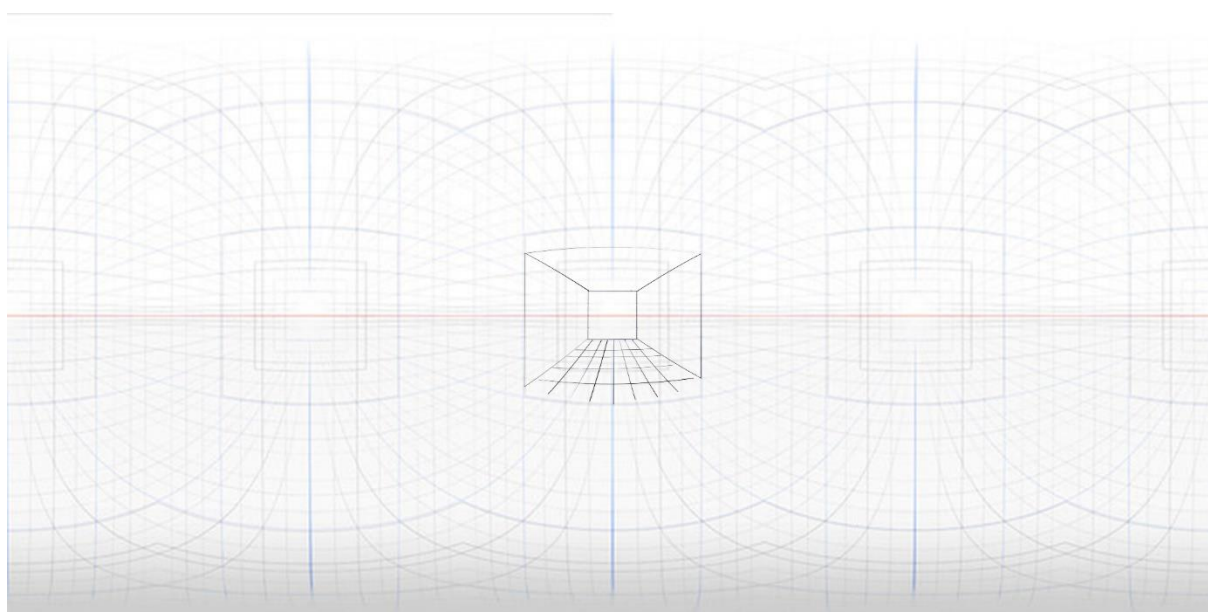
Figura 81 - Marcação de linhas de perspectiva em uma das faces de visualização do grid



Fonte: Autora (2021).

Terminado o desenho, pode-se exportar o panorama em um imagem plana a partir do caminho: *3D > Spherical Panorama > Export Panorama*. Na imagem resultante, o conteúdo da esfera é convertido para uma perspectiva *equirretangular* esférica (Figura 82), as linhas de perspectiva tornam curvas e o panorama pode ser inserido em outros visualizadores em 360°.

Figura 82 - Panorama resultante de marcação de linhas de perspectiva em uma das faces de grid para perspectiva *equirretangular* esférica



Fonte: Autora (2021).

Em domínio desses recursos, foram realizadas experimentações de desenhos em 360°, buscando explorar a possibilidades de criação de ambientes imersivos a partir de recursos visuais de origem totalmente digital, ou seja, sem um vínculo direto com o registro do espaço concreto, como ocorre em fotografias. Tomou-se como referência imagens inspiradas em paisagens, as quais buscou-se imaginar como poderiam aparentar em um ambiente 360°, e explorou-se o uso de recursos gráficos para tratar noções espaciais, como a profundidade.

Para o primeiro experimento, tomou-se uma pintura de uma paisagem em têmpera da autora (Figura 83). Procurando reimaginar a disposição e expansão dos

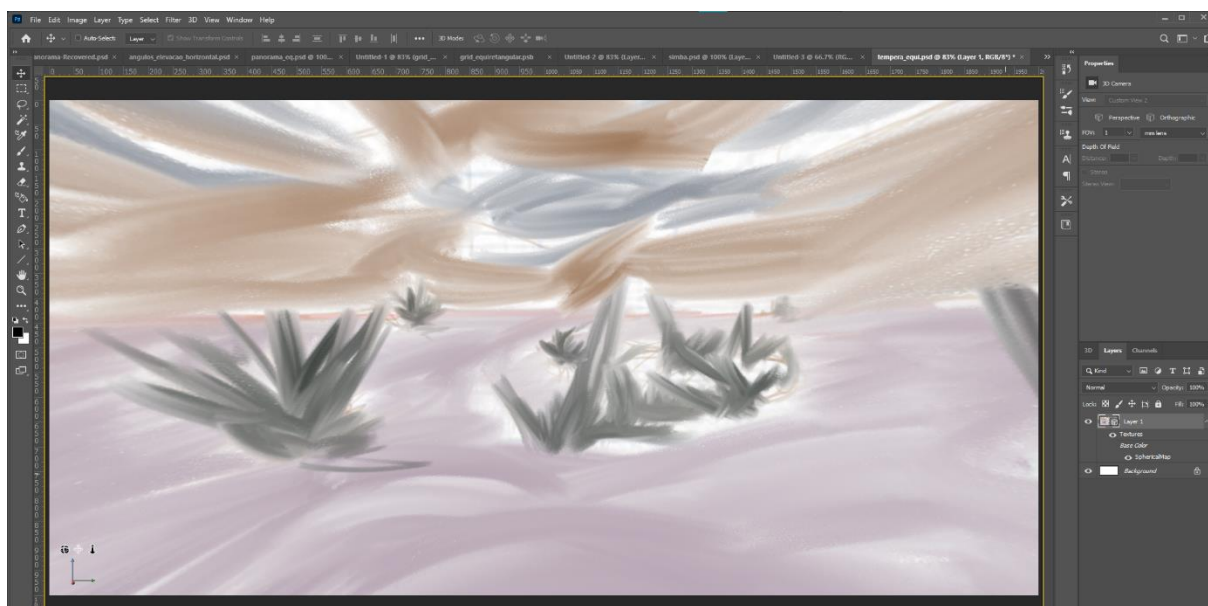
elementos da paisagem em uma visualização 360°, iniciou-se com o esboço de pintura das áreas de cada elemento por suas cores no grid mostrado anteriormente (Figuras 84 e 85). Nessa disposição, o chão foi determinado imediatamente abaixo da linha do horizonte e o céu imediatamente acima, a vegetação foi disposta na área do chão, maiores quanto mais próximas do observador e menores quanto mais distantes, e a mancha referente a um figura semelhante ao sol foi disposta acima do observador.

Figura 83 - Pintura em têmpera referência para desenho em 360°



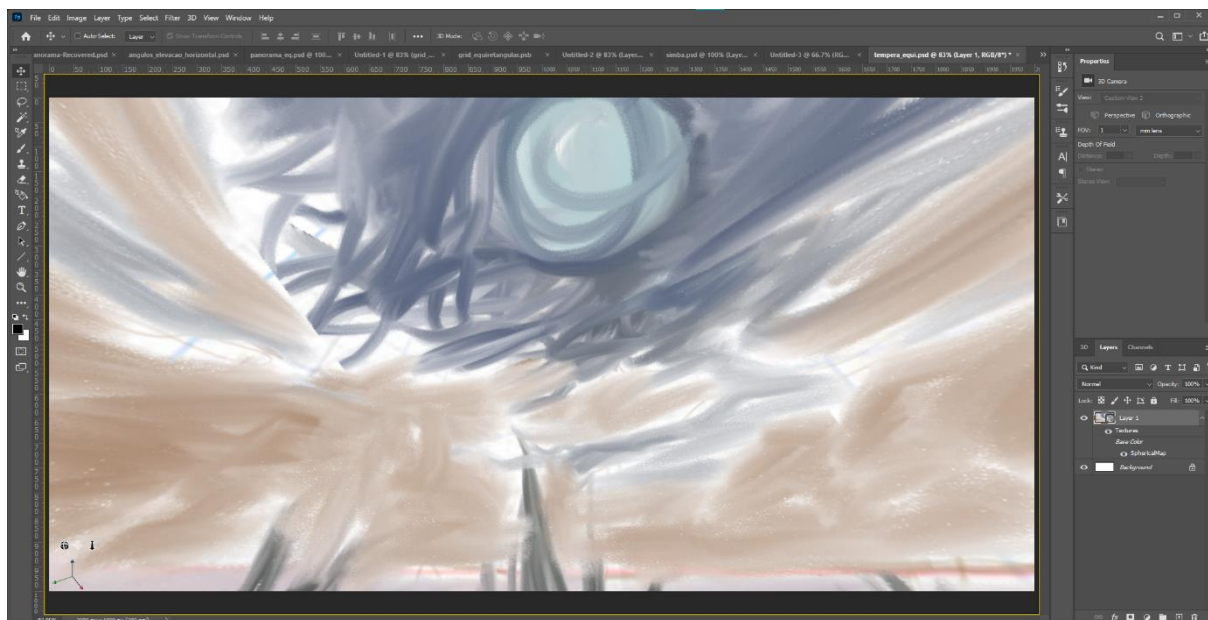
Fonte: Autora (2021).

Figura 84 - Vista de esboço de desenho em 360° realizado no modo 3D no programa *Photoshop CC*



Fonte: Autora (2021).

Figura 85 - Vista de esboço de desenho em 360° realizado no modo 3D no programa *Photoshop CC*



Fonte: Autora (2021).

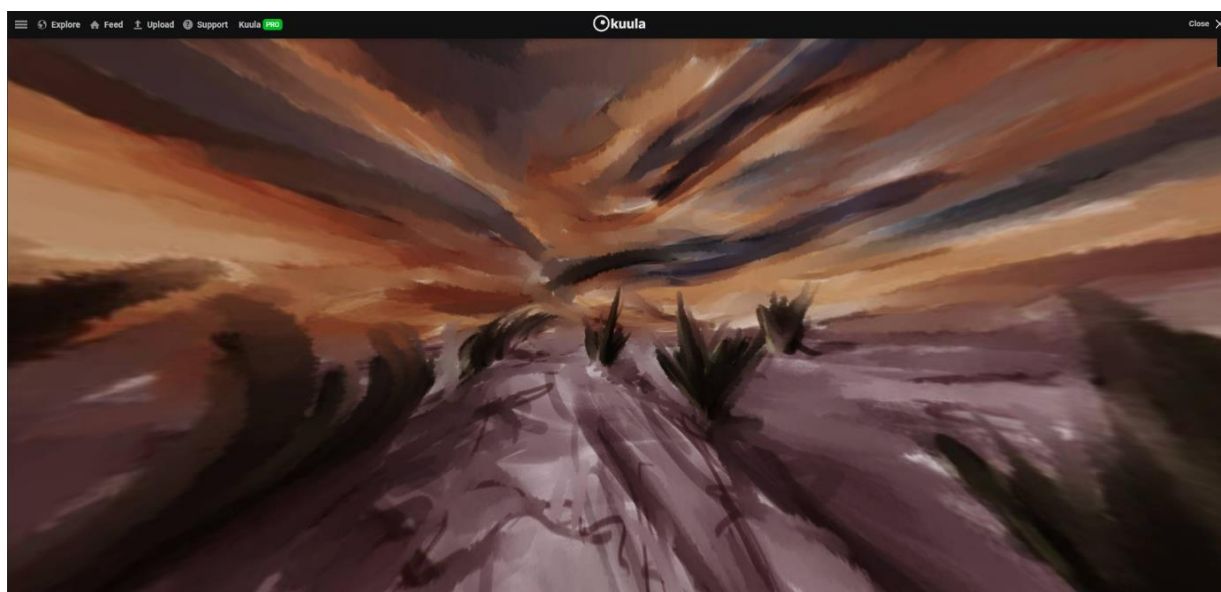
Em seguida, fez-se o acabamento da pintura, ainda em modo de visualização 360°, de modo a reforçar os volumes e as cores, e exportou-se a imagem como um panorama (Figura 86) para disponibilização *online* na plataforma *Kuula* (Figura 87, 88 e 89).

Figura 86 - Panorama resultante de desenho em 360° realizado no modo 3D no programa *Photoshop CC*



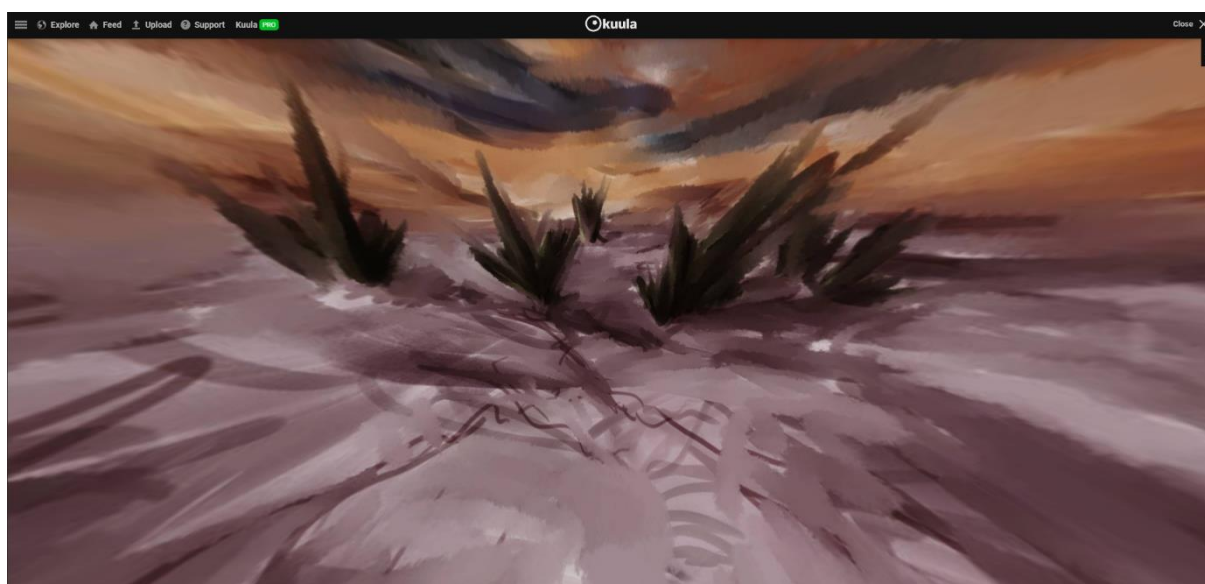
Fonte: Autora (2021).

Figura 87 - Visualização de desenho em 360° na plataforma *Kuula*



Fonte: Perfil da autora na plataforma *Kuula*⁶⁵.

Figura 88 - Visualização de desenho em 360° na plataforma *Kuula*

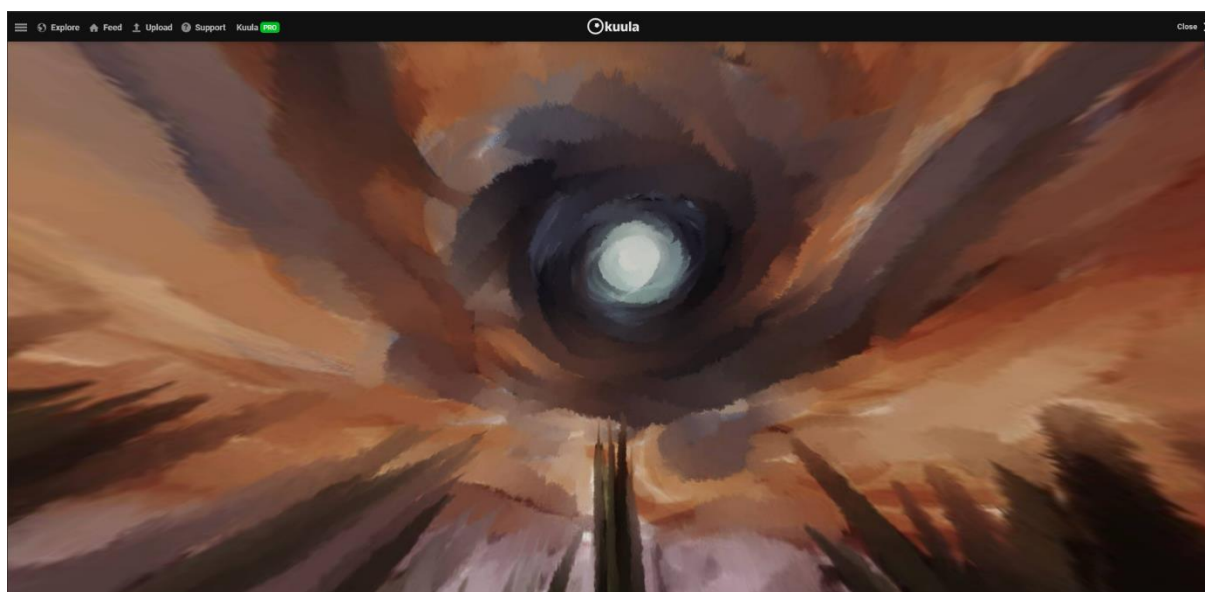


Fonte: Perfil da autora na plataforma *Kuula*⁶⁶.

⁶⁵ Disponível em: < <https://kuula.co/share/7t8Bj?fs=1&vr=0&thumbs=1&info=1&logo=1>>. Acesso em 18 jun. 2021.

⁶⁶ Disponível em: < <https://kuula.co/share/7t8Bj?fs=1&vr=0&thumbs=1&info=1&logo=1>>. Acesso em 18 jun. 2021.

Figura 89 - Visualização de desenho em 360° na plataforma *Kuula*



Fonte: Perfil da autora na plataforma *Kuula*⁶⁷.

Nessa primeira experiência a relação de profundidade não ficou tão clara com a diferença de tamanho entre os elementos da vegetação, portanto, conclui-se que caso pretenda-se representar uma espacialidade mais próxima da experienciada pelo olho humano, seria importante atentar-se às proporções dos elementos constituintes do desenho em função da distância imaginada em relação ao observador. Assim, no para o próximo desenho, optou-se por uma paisagem que utilizasse linhas retas potenciais para evidenciar pontos de fuga e, conseqüentemente, a noção de distância entre elementos.

Para tal, tomou-se como referência uma gravura da autora (Figura 90) que já possui uma construção que sugere a consideração da perspectiva linear. Iniciou-se com o esboço (Figuras 91 e 92), com a mesma demarcação do chão abaixo da linha do horizonte, a forma dos elementos como a cerca, seu reflexo e os riscos verticais da área do céu seguindo as linhas do grid referentes aos pontos de fuga. E a mão, partindo da linha do horizonte, passando acima do observador para terminar em sua

⁶⁷ Disponível em: < <https://kuula.co/share/7t8Bj?fs=1&vr=0&thumbs=1&info=1&logo=1> >. Acesso em 18 jun. 2021.

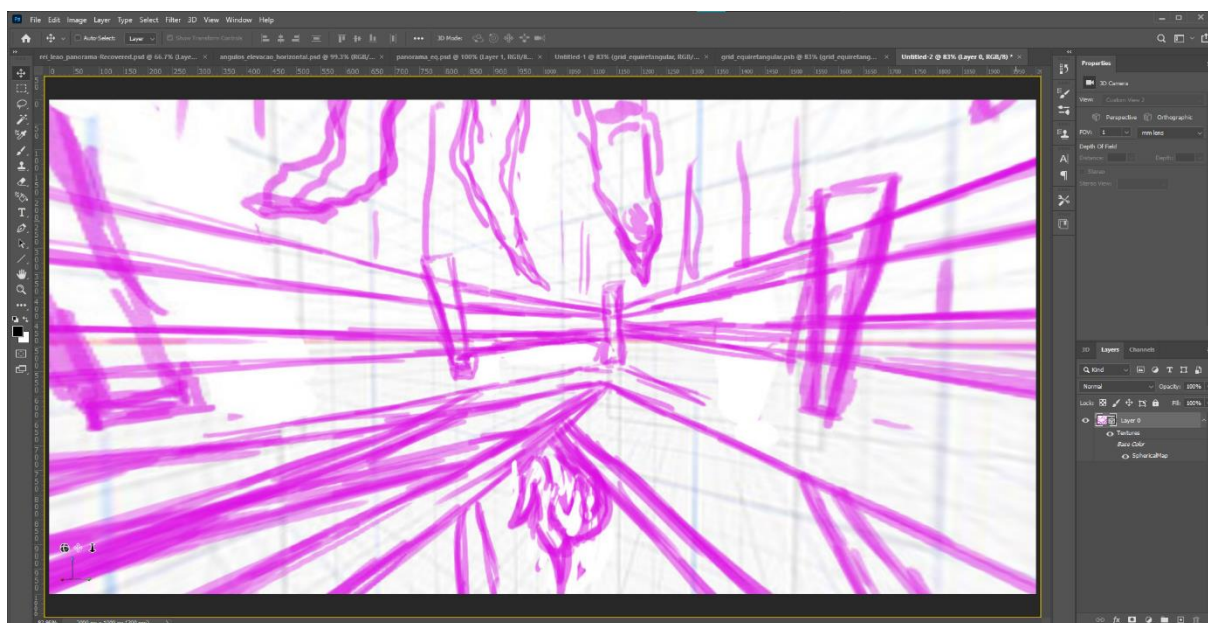
vista frontal, foi desenhada de um modo mais intuitivo, possuindo proporções maiores conforme sua proximidade do observador, e testou-se o panorama (Figura 93).

Figura 90 - Xilogravura referência para desenho em 360º



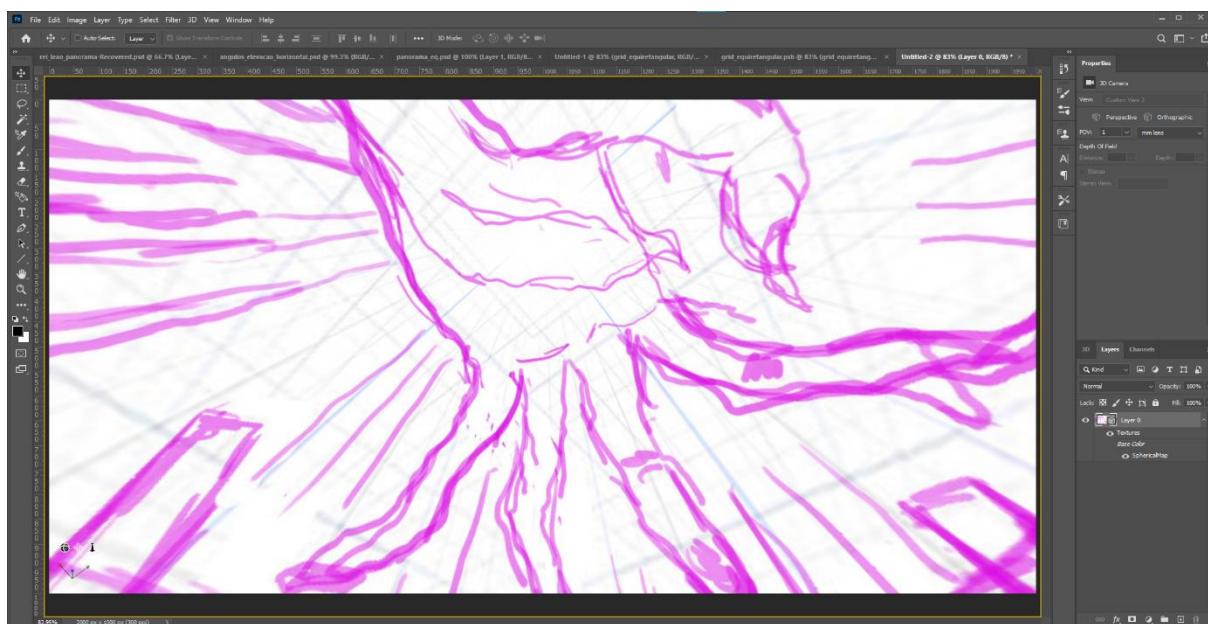
Fonte: Autora (2021).

Figura 91 - Vista de esboço de desenho em 360° realizado no modo 3D no programa *Photoshop CC*



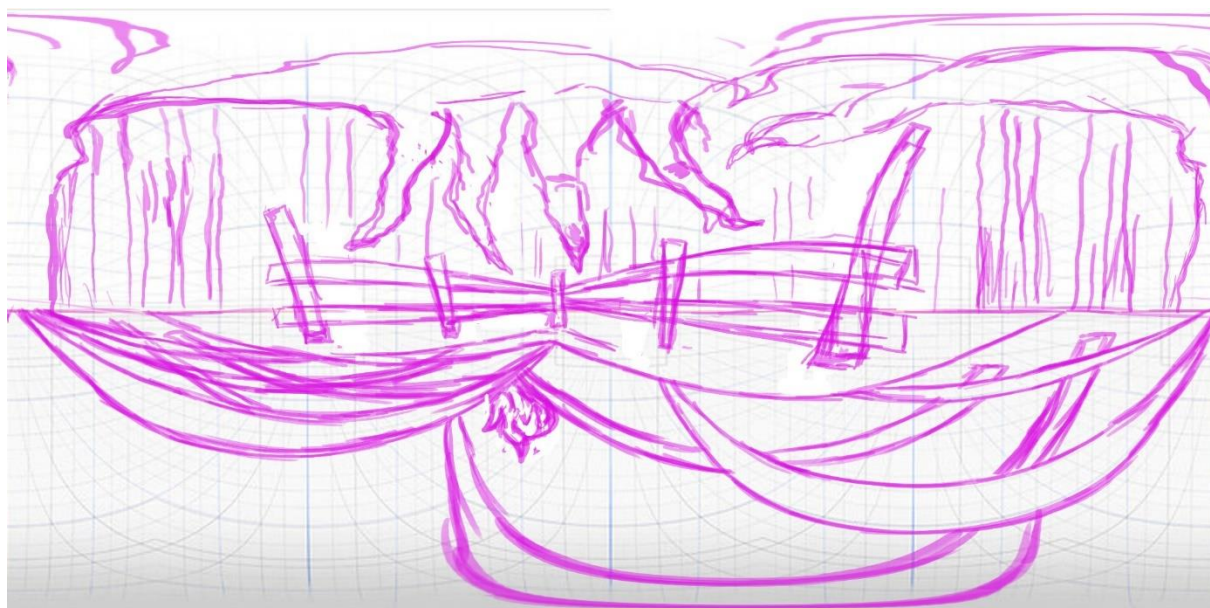
Fonte: Autora (2021).

Figura 92 - Vista de esboço de desenho em 360° realizado no modo 3D no programa *Photoshop CC*



Fonte: Autora (2021).

Figura 93 - Panorama resultante de esboço de desenho em 360° realizado no modo 3D no programa *Photoshop CC*



Fonte: Autora (2021).

Para o acabamento, utilizou-se linhas claras em destaque sob o fundo preto, conforme na gravura, ainda com a intenção de evidenciar a perspectiva (Figura 94). Em seguida realizou-se o mesmo procedimento da experiência anterior, para disponibilização e visualização em 360° (Figuras 95, 96 e 97). Nesse caso, percebeu-se que uso de linhas contribui para a representação da espacialidade.

Figura 94 - Panorama resultante de desenho em 360° realizado no modo 3D no programa *Photoshop CC*



Fonte: Autora (2021).

Figura 95 - Visualização de desenho em 360° na plataforma *Kuula*



Fonte: Perfil da autora na plataforma *Kuula*⁶⁸.

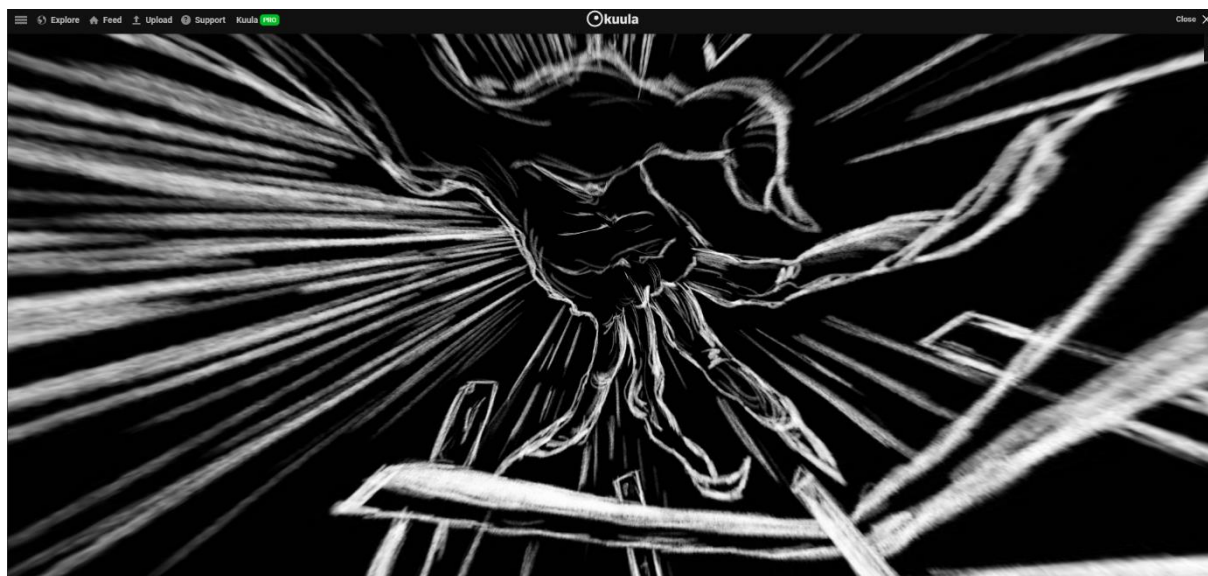
⁶⁸ Disponível em: < <https://kuula.co/share/7QFzS?fs=1&vr=0&thumbs=1&info=1&logo=1>>. Acesso em 18 jun. 2021.

Figura 96 - Visualização de desenho em 360° na plataforma *Kuula*



Fonte: Perfil da autora na plataforma *Kuula*⁶⁹.

Figura 97 - Visualização de desenho em 360° na plataforma *Kuula*



Fonte: Perfil da autora na plataforma *Kuula*⁷⁰.

⁶⁹ Disponível em: < <https://kuula.co/share/7QFzS?fs=1&vr=0&thumbs=1&info=1&logo=1> >. Acesso em 18 jun. 2021.

⁷⁰ Disponível em: < <https://kuula.co/share/7QFzS?fs=1&vr=0&thumbs=1&info=1&logo=1> >. Acesso em 18 jun. 2021.

Em ambas as experiências, a construção dos desenhos foi orientada pelo uso conjunto de aplicação de perspectiva com o auxílio do grid próprio para perspectiva *equirretangular* esférica e um processo mais intuitivo, com base em um repertório de experiência de observação de paisagens. A partir do desenho realizado em uma interface 360°, que simula diversos pontos de vista de um observador no espaço, ao exportar-se o panorama em uma imagem plana, ficam evidentes os processos de distorção dos elementos em função de sua localização na esfera.

Percebe-se que quanto mais próximas da linha do horizonte, menores são as distorções sobre a imagem, enquanto são maiores quanto mais próximas dos polos da esfera. Nessas distorções, ocorre o achatamento da altura e ampliação da largura dos elementos da imagem.

Assim, as experiências realizadas foram esclarecedoras para um melhor entendimento de aspectos da perspectiva *equirretangular* esférica e do caráter das distorções realizadas de forma automática por câmeras de captura em 360° para gerar arquivos de imagens bidimensionais. Além disso, são formas de explorar os recursos disponíveis para realização e visualização de imagens em 360° para além do uso mais frequente da fotografia de ambientes, potenciais para diversas explorações imersivas menos próximas da experiência do espaço tangível.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Diante das pesquisas realizadas, percebe-se que a criação de ambientes imersivos e representativos de um espaço não-local são muito anteriores à atualidade, com exemplos arquitetônicos desde a Roma Antiga. Quanto a ambientes virtuais, possíveis a partir dos avanços da computação gráfica, há exemplos de trabalhos artísticos e espaços expositivos construídos com tais recursos desde a década de 1990. Porém, pensando-se nos espaços estudados ao longo da pesquisa, apesar de não serem iniciativas ou recursos necessariamente inovadores, percebe-se uma presença e uma lógica de distribuição e interação muito atual desses ambientes .

Na vigente conjuntura da importância e do papel das tecnologias digitais e da internet nas diversas esferas da contemporaneidade, ainda mais intensificada diante da pandemia de Covid-19, que deslocou muitas das atividades humanas para o digital, observou-se uma aceleração na quantidade de espaços virtuais *online* no meio da arte. Comentando-se, mais especificamente, espaços expositivos, em que uma das plataformas mais populares de distribuição de arte *online* até então era o projeto *Google Arts & Culture*, observou-se a iniciativa de muitos museus e galerias a disponibilizar *tours* virtuais de seus espaços físicos, assim como a concepção de exposições pensadas para o meio digital.

Nesse contexto, constatou-se, principalmente, dois tipos de ambientes expositivos *online*, aqueles que reproduziam um espaço existente em meio concreto e outros sem um referente específico nesse, matricialmente digitais.

No primeiro caso, em que se notou um predomínio do uso da fotografias 360° e *Matterport*, o vínculo com o espaço físico, demarcado espacial e temporalmente, faz com que os arranjos da deformação da projeção da imagem a partir de um código dessa, uma codificação simbólica do espaço a que remete. Diante da atuais tecnologias para obtenção de importações desses lugares para construção de *tours* virtuais, esses métodos parecem serem convenientes quanto à praticidade e tempo de realização, verossimilhança do local a que se refere, e otimização de exibição em diferentes dispositivos, principalmente móveis. Porém, é marcante as diferenças quanto a percepção das obras expostas quando se compara as versões concretas e as reproduções digitais, uma vez que muitos *tours* parecem enfatizar a espacialidade do espaço representado, de modo que a visualização das obras nas imagens panorâmicas podem apresentar poucos detalhes ou pontos de vista sobre essa, sendo importante o uso de recursos complementares de acesso a materiais visuais e informacionais relativos a essas. Dentre as possibilidades de representação próprias das interfaces digitais, claramente, alguns aspectos próprios do tangível, como texturas e interação como o meio, não podem ser plenamente transpostos nesses casos.

No segundo caso, os ambientes que não reproduzem um local físico, são em sua maioria construídos a partir de gráficos 3D para exibição na *web*. A concepção desses espaços, diretamente via códigos ou programas de modelagem, permitem

proposições espacial inéditas e descoladas de leis as quais o meio físico é sujeito, porém, percebe-se um grande vínculo às convenções organizacionais de museus tradicionais, alguns desses espaços reproduzem estruturas genéricas presentes em muitos espaços expositivos, como as salas brancas, as fichas técnicas da *SHUTDOWN.gallery*, e simulam o deslocamento de um ser humano na sala, com o ponto de vista a uma altura proporcional ao olho humano. Ainda assim, observa-se algumas experimentações que lidem com aspectos espaciais e temporais próprios e possíveis apenas no meio, como esculturas flutuantes, a opção de visualização do espaço por representação de linhas e a multiplicação de um mesmo modelo de sala para diferentes exposições na *SHUTDOWN.gallery*, ou a opção de navegação por voo no espaço e salas concebidas em função das obras que seriam apresentadas na *Perfídia Online 2021*. Nesses exemplos, as obras podem ser tanto imagens de sínteses como reproduções digitais de trabalhos tangíveis, no primeiro caso, pode-se apresentar o próprio trabalho em seu formato matricial, propiciando um meio expositivos em um conjunto de relações espaciais dessas obras com outras.

Além de exposições que simulem a tridimensionalidade, há exemplos que apresentam uma organização curatorial a partir de *sites* bidimensionais, que utilizam uma estrutura de hiperlinks mais comum na rede. Considerando-se esse modo de disponibilização de informações *online* mais comum e característico dessa, e que algumas dessas exposições tridimensionais se utilizam de modos de visualização complementares de obras em um contexto bidimensional de hiperlink, pode-se perguntar sobre as vantagens da construção de ambientes que simulem uma espacialidade tridimensional no meio digital. No caso desses ambientes, há uma ênfase na espacialidade e na relação entre objetos na navegação, que configura uma noção de escala entre observador, ambiente e obras. Ao comparar-se a exibição de duas obras de diferentes tamanhos apresentadas por imagens, quando em um ambiente bidimensional, é comum que sejam visualizadas como que do mesmo tamanho, a percepção de escala é mais abstrata e vinculada à interface de exibição, enquanto em espaço tridimensional a proporção entre obras seria determinada e a percepção de relação de escala mais constante entre visualização em diferentes dispositivos.

Essa relação espacial de escala pode ser observada do experimento de comparação de exibição de objetos tridimensionais em um *site*, sem relação com

outros objetos, e em um ambiente 3D que simule o deslocamento humano. Quando isolado, a percepção de tamanho do objeto não é marcada, pode variar em função do observador, enquanto quando inserido em um contexto tridimensional, há uma relação entre os outros elementos do ambiente e uma noção de tamanho mais definida. É importante pontuar que cada forma de expor possui suas características próprias que podem atender melhor diferentes contextos ou intensões, uma relação espacial e de escala marcada pode ser relevante para algumas circunstâncias, enquanto uma dimensão mais abstrata para outras.

Os ambientes virtuais tridimensionais, portanto, possuem potencialidades relativas a especificidades do meio computacional. Nessas, o espaço e tempo tomam outras dimensões, os ambientes não estão vinculados a um local fixo, mas aos dispositivos de acesso, de modo a ampliar o número e a variedade do público que pode ter acesso a esses. As técnicas mais utilizadas na criação desses espaços, inclusive, consideram a compatibilidade e otimização de exibição em dispositivos móveis, que configura uma outra relação de espacial, menos associada a um local mais estável, como a partir de um computador *desktop*, mas mais associada ao movimento do visitante e por telas menores.

Esses espaços, ainda, podem permitir o acesso a ambientes não existentes em um momento presente, como a simulação de construções e obras antigas do passado e registro de exposições que não estão mais em cartaz. Essa possibilidade caracteriza uma multiplicação do espaço e associação de vários tempos a esse, em que diferentes exposições realizadas em um mesmo local e em momentos diversos podem ser acessadas de modo simultâneo, a partir de seu registro. No caso do uso gráficos tridimensionais, a expansão do espaço ainda pode ocorrer com a duplicação dos modelos de um ambiente para variadas expografias, além da possibilidade de se pensar a construção do espaço expositivo a partir da obras que se pretende expor, ao invés de pensar a exposição em função do espaço disponível.

Um dos aspectos mais evidentes quanto à potenciais de experimentações desses ambientes computacionais está em não estar vinculado diretamente ao mundo concreto para a conformação de suas imagens numéricas, ainda que as ferramentas de criação de gráficos tridimensionais sejam historicamente voltadas para a intenção de uma representação realista. Por não funcionarem de acordo com as leis

da física, a espacialidade e a interatividade podem tomar configurações inéditas. Não atribuir simulações de gravidade ao espaço, criar espaço menos vinculados a estruturas tradicionais como paredes, portas e materialidades foto realistas, pontos de vista diferentes da altura do olho humano, deslocamentos descontínuos com “teletransportes”, podem ser algumas formas de explorar as possibilidades desse meio.

Embora a potencialidade de conceber imagens inéditas pareça mais compatível aos gráficos tridimensionais, uma vez que se pode conceber espaços sem um referente no meio tangível, as panorâmicas 360º também são um contexto de proposição de novas visualidades. Observa-se um uso predominante de fotografias 360º em *tours* realizadas por imagens panorâmicas, mas é possível utilizar qualquer imagens nessas utilizadas para visualização dessas. Assim, como foi explorado nos experimentos de desenhos em perspectiva *equirretangular* esférica, ambientes concebidos por meio de imagens de pinturas e desenhos, em suas infinitas possibilidade gráficas e estilo, são uma outra forma de tratar a espacialidade imersivas no digital.

Conclui-se, portanto, que ambientes expositivos e obras no meio digital possuem importante espaço no contexto artístico atual, com potencial de expansão diante do cenário tecnológico vigente. Espaços e obras tangíveis e digitais não configuram uma oposição, cada um possui propriedades próprias de seu meio, não se substituem, mas existem com suas próprias características.

BIBLIOGRAFIA

ARAÚJO, António B. Eq A Sketch 360: a Serious Toy for Drawing Equirectangular Spherical Perspectives. *In: 9TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON DIGITAL AND INTERACTIVE ARTS*, 2019. **Proceedings Of Artech 2019**, 2019, p. 1-8. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/3359852.3359893>>. Acesso em: 18 jan. 2021.

BARRANHA, Helena. Between the Screen and the Building: Museum Architecture in the Digital Age. *In: BALLARIN, Matteo; DALLA MURA, Madalena (org.). **Museum and Design Disciplines***. Venezia: Università IUAV di Venezia/Fondazione di Venezia, 2012. pp.175-188. Disponível em: <https://www.academia.edu/2431090/_Museum_and_Design_Disciplines_ed_by_Matteo_Ballarini_Maddalena_Dalla_Mura_Venice_Universit%C3%A0_IUAV_di_Venezia_2012?auto=download>. Acesso em: 22 fev. 2021.

BLUME, Jonas. Exploring the Potentials and Challenges of Virtual Distribution of Contemporary Art. *In: FROMMING, Urte; KOHN, Steffen; FOX, Samantha; MIKE, Terry (org.). **Digital Environments: Ethnographic Perspectives Across Global Online and Offline Spaces***. Bielefeld: Transcript Verlag. p. 97-116. Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/j.ctv1xxrxw.10>>. Acesso em: 30 set. 2020.

CICHELERO, Marcos. **Game over: o corpo (em) delito na arte contemporânea**. 2015. 89 f. Dissertação (Mestrado em Artes) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015. Disponível em: <<http://repositorio.ufsm.br/handle/1/5234>>. Acesso em: 30 set. 2020.

COUCHOT, Edmond. **A tecnologia na arte, da fotografia à realidade virtual**. Rio de Janeiro: UFRGS editora, 2003.

COUCHOT, E. "Da representação à simulação: evolução das técnicas e das artes da figuração". *In: PARENTE, André (org.). **Imagem máquina: a era das tecnologias do virtual***. Rio de Janeiro: Editora 34, 1993. p. 37-48

COSTA, Alexandre. **A invisibilidade da imagem: simulação, fantasia e realidade do mundo visível**. 2011. 130 f. Tese (Doutorado em Comunicação) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2011. Disponível em: <<https://tede2.pucsp.br/handle/handle/4307>>. Acesso em: 10 out. 2020.

CRARY, Jonathan. **Técnicas Do Observador: Visão e Modernidade**. 1. Ed. Rio de Janeiro: Contraponto, 2012.

EVANS, Alun. ROMEO, Marco. BAHREHMAND, Arash. AGENJO, Javi. BLAT, Josep. 3D graphics on the web: A survey. **Computers & Graphics**, v.14, p. 43–61, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.cag.2014.02.002>>. Acesso em: 28 ago. 2021.

Feliciano, Clayton Mendonça. **Ambientes de realidade virtual: novas possibilidades**. 2018. 48 f. Dissertação (Programa de Estudos Pós-Graduados em Tecnologia da Inteligência e

Design Digital) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo. Disponível em: <<https://tede2.pucsp.br/handle/handle/21116>>. Acesso em: 10 out. 2020.

FRAGA, Tânia; LOURO, Donizetti; LOURO, Luciana. Virtual Cognitivo: O Desvelar de Morfologias Afetivas em Repertórios Poéticos de Imersão. **Revista Digital de Tecnologias Cognitivas**, São Paulo, v.1, 2009. Disponível em: <https://www4.pucsp.br/pos/tidd/teccogs/editorial/2009/edicao_2/teccogs_editorial_edicao2.pdf>. Acesso em 07 out. 2021.

FLUSSER, Vilém. **Filosofia da Caixa Preta – Ensaios para uma futura filosofia da fotografia**. Tradução: Vilém Flusser. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 2002.

FOUCAULT, Michel. Las Meninas. In: _____ **As palavras e as Coisas: uma Arqueologia das ciências humanas**. São Paulo: Martins Fontes, 2000. p. 3-21.

GRAU, Oliver. **Virtual Art: From Illusion to Immersion**. Cambridge: The MIT Press, 2003.

HERMANN, Carla. Experimentando o “real” nos panoramas oitocentistas. In: AVOLESE, Claudia; BERBARA, Maria; SERAPHIM, Mirian; MENESES, Patrícia; CONDURU, Roberto; QUÍRICO, Tamara. **Anais do XXXVI Colóquio do Comitê Brasileiro de História da Arte: Arte em Ação**. Rio de Janeiro: Comitê Brasileiro de História da Arte - CBHA, 2017. p. 181 - 189.

HOCKNEY, David. **O Conhecimento Secreto**. São Paulo: Cosac Naify, 2001.

HUHTAMO, Erkki. On the origins of the Virtual Museum. In: NOBEL SYMPOSIUM (NS 120) **“Virtual Museums and Public Understanding of Science and Culture”**, Stockholm, 2002. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/335241270_The_virtual_museum_an_overview_of_its_origins_concepts_and_terminology. Acesso em: 09 mai. 2021.

JOKELA, Tero; OJALA, Jarno; VÄÄNÄNEN, Kaisa. How People Use 360-Degree Cameras. **MUM** 2019, Pisa, 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/336798034_How_People_Use_360-Degree_Cameras. Disponível em: 28 ago. 2021.

LAMBERT, Nick. From Imaginal to Digital: Mental Imagery and the Computer Image Space. **Leonardo**, The MIT Press, v.44, n. 5, p. 439-443, 2011. Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/41421767>>. Acesso em: 10 out. 2020.

LÉVY, Pierre. **O que é virtual?** Tradução: Paulo Neves. São Paulo: Editora 34, 1996.

LOURO, Donizetti. Ambientes virtuais imersivos: a matemática visual no processo criativo da imagem em arquiteturas mutáveis. **Revista de Computação e Tecnologia da PUC-SP**, São Paulo, v.1, n.1, 2009. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/347932254_A_matematica_visual_no_processo_criativo_da_imagem_em_arquiteturas_mutaveis_Ambientes_virtuais_imersivos_Resumo>. Acesso em: 30 set. 2021.

LOUW, Jobert; RIX, Arnold. Irradiance modelling for bi-facial PV modules using the ray tracing technique. *In*: SAUPEC 2019. Bloemfontein: **2019 Southern African Universities Power Engineering Conference/Robotics and Mechatronics/Pattern Recognition Association of South Africa** (SAUPEC/RobMech/PRASA), 2019. Disponível em: <10.1109/RoboMech.2019.8704817>. Acesso em: 19 jul. 2021.

MACHADO, Arlindo. **Pré-cinema e Pós-cinema**. 6. ed. Campinas: PAPIRUS, 2011. ISBN: 8530809351.

MACHADO, Arlindo. **Arte e mídia**, Rio de Janeiro: Zahar, 2007.

MACHADO, Arlindo. Simulação da Imagem. *In*: _____. (org.). **Máquina e Imaginário: O Desafio das Poéticas Tecnológicas**. 3. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001. p. 59-112.

MURRAY, Janet. **Hamlet no Holodeck: o futuro da narrativa no ciberespaço**. São Paulo: Itaú Cultural: Unesp, 2003.

MILGRAM, Paul; KISHINO, Fumio; TAKEMURA, Haruo; UTSUMI, Akira. Augmented Reality: A class of display on the reality-virtuality continuum. **Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering**, v.2351, 1994. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/228537162_Augmented_reality_A_class_of_displays_on_the_reality-virtuality_continuum>. Acesso em: 28 ago. 2021.

PAZA, Alan Henrique. **Aplicações WEB 3D com WebGL: Visualizador de Malhas**. 2015. 65 f. Monografia (Bacharel em Sistemas da Informação) - Curso de Sistemas de Informação, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul. Dourados, 2015. Disponível em: <<https://www.comp.uems.br/~ricardo/PFCs/PFC%20168.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2020.

PEIRCE, Charles. **Semiótica**. 4. ed. São Paulo: Perspectiva, 2010.

PERGHER, Bruno. S. **Sistematização de criação de conteúdo interativo 3D (WebGL) aplicado ao Design Virtual**. 2017. 229 f. Dissertação (Mestrado em Design) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2017. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/170941>>. Acesso em: 10 out. 2020.

PERLIN, Ruth. Media, Art Museums, and Distant Audiences. *In*: THOMAS, Selma; MINTZ, Ann (org.). **The Virtual and the Real: Media in the Museum**. Washington: American Association of Museums, 1998. p. 73-87.

PESCARIN, S. 2014. **Museums and virtual museums in Europe. Reaching expectations**. SCIRES-IT: SCientific RESearch and Information Technology, v.4, n.1, p. 131-140, 2014. Disponível em: <<http://caspur-ciberpublishing.it/index.php/scires-it/article/view/10918>>. Acesso em 10 out. 2021.

PLAZA, J. Arte e interatividade: autor-obra-recepção . **ARS (São Paulo)**, [S. l.], v. 1, n. 2, p. 09-29, 2003. DOI: 10.1590/S1678-53202003000200002. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/ars/article/view/2909>>. Acesso em 28 ago. 2021.

PRADO, Gilberto. **Arte telemática: dos intercâmbios pontuais aos ambientes virtuais multiusuário**. São Paulo: Itaú Cultural, 2003.

SANTAELLA, Lucia. **Navegar no ciberespaço: o perfil cognitivo do leitor imersivo** . São Paulo: Paulus, 2004.

SCHWEIBENZ, Werner. The virtual museum: an overview of its origins, concepts, and terminology. **The Museum Review**, vol. 4, n. 1, 2019. Disponível em: <http://articles.themuseumreview.org/tmr_vol4no1_schweibenz>. Acesso em: 28 ago. 2021.

SILVA, A. de S. e. Arte, interfaces gráficas e espaços virtuais . **ARS (São Paulo)**, [S. l.], v. 2, n. 4, p. 79-97, 2004. DOI: 10.1590/S1678-53202004000400006. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/ars/article/view/2934>. Acesso em: 28 ago. 2021.

SILVEIRA, Greice Antolini. **Imersão: Sensação Redimensionada pelas Tecnologias Digitais Na Arte Contemporânea**. 2011. 125 F. Dissertação (Mestrado em Artes Visuais) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011. Disponível em: <<http://repositorio.ufsm.br/handle/1/5199>>. Acesso em: 10 out. 2021.

SILVER, David. Interfacing American Culture: The Perils and Potentials of Virtual Exhibitions. **American Quarterly**, v. 49, n. 4, p. 825-850, 1997. Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/30041813>>. Acesso em: 21 fev. 2021.

TEMBA, Plínio. **Fundamentos da Fotogrametria**. Departamento de Cartografia UFMG, 2000. Disponível em: <<http://www.csr.ufmg.br/geoprocessamento/publicacoes/fotogrametria.pdf>>. Acesso em: 28 ago. 2021.

PANORAMIC Image Projections. **Cambridge in Colour**. Disponível em: <<https://www.cambridgeincolour.com/tutorials/image-projections.htm>>. Acesso em: 18 jul. 2021.