



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
NÚCLEO DE DESENVOLVIMENTO AMAZÔNICO EM ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM COMPUTAÇÃO APLICADA

Elinaldo Ribeiro de Azevedo

Vintage Car: Desenvolvimento de um Protótipo de Realidade Virtual Projetada para a Belém de 1950

Tucuruí

2025

Elinaldo Ribeiro de Azevedo

Vintage Car: Desenvolvimento de um Protótipo de Realidade Virtual Projetada para a Belém de 1950

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada do Núcleo de Desenvolvimento Amazônico em Engenharia, da Universidade Federal do Pará, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Computação Aplicada.

Universidade Federal do Pará

Orientador: Prof. Dr. Otávio Noura Teixeira

Tucuruí

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

A994v Azevedo, Elinaldo.
 Vintage Car: Desenvolvimento de um Protótipo de Realidade
 Virtual Projetada para a Belém de 1950 / Elinaldo Azevedo. —
 2025.
 129 f. : il. color.

 Orientador(a): Prof. Dr. Otávio Teixeira
 Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Núcleo
 de Desenvolvimento Amazônico em Engenharia, Mestrado
 Profissional em Computação Aplicada, Tucuruí, 2025.

 1. Realidade Virtual. 2. Herança cultural. 3. Interface. 4.
 Protótipo. 5. Belém. I. Título.

CDD 004

Elinaldo Ribeiro de Azevedo

Vintage Car: Desenvolvimento de um Protótipo de Realidade Virtual Projetada para a Belém de 1950

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada do Núcleo de Desenvolvimento Amazônico em Engenharia, da Universidade Federal do Pará, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Computação Aplicada.

Conceito: _____

Tucuruí, XX de Dezembro de 2024.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Otávio Noura Teixeira - Orientador - UFPA

Prof. Dr. Heleno Fulber - Membro Titular Interno - UFPA

Prof Dr. Edson Koiti Kudo Yasojima - Membro Titular Externo - UEPA

*Aos **meus pais, Ivonete e Agostinho**, que me deram à vida e educação para alcançar meus sonhos. À minha esposa **Thamires** e ao meu filho **Lorenzo**, pois o legado deste trabalho será a memória que deixo para meus netos, bisnetos e à sociedade.*

Agradecimentos

Agradeço à Deus pois com ele podemos TUDO.

Agradeço à minha esposa Msc. Thamires Bezerra Vasconcelos de Azevedo, que sempre me incentivou a continuar estudando para meu engrandecimento profissional, puxando minha orelha quando necessário e me apoiando com seu conhecimento e experiência acadêmica.

Agradeço ao Professor Dr. Otávio Noura Teixeira, meu primeiro orientador acadêmico, foi na graduação e agora no mestrado, que acreditou em mim e me incentivou a continuar minha pesquisa, mesmo utilizando seus métodos de Mestre dos Magos. Isso não uma crítica, mas sim uma inspiração.

Agradeço à minha amiga e madrinha de casamento Msc. Ingrid Nery Mendes que foi essencial nesta minha jornada do mestrado, com seu carisma e fala mansa, me ajudou muito a tornar este projeto realidade.

Agradeço ao meu amigo Filipe Valente Mendes, que com seu jeito "ogro" de ser, me trouxe para realidades físicas sempre me lembrando em colocar o pé no chão e não viajar muito nas ideias, e serviu de inspiração para o Conan adormecido que vive em cada um de nós.

Agradeço à todas as pessoas que contribuíram, de forma direta ou indireta, com este projeto desde 2016 quando foi concebido. Quero crer que ele não acabará aqui, pois os conceitos presentes nele servirão se frestas para futuros projetos pessoais ou de outras pessoas. Contudo gostaria de deixar nominalmente as pessoas que me ajudaram a tornar este projeto uma semente para novos horizontes:

Alan Hellyton Silva Pereira Júnior

Alexandre do Nascimento Alves

Amanda da Graça Brasil

Ana Alice da Silva Castro

André Dias Alves

Antônio Augusto Nogueira Neto

Bruno Brian Almeida

Bruno Caldas Lourenço

Caio Araujo Pereira

Caio Margalho Guerra

Daniel Lavareda Meireles
Emanuel Antonio de Melo Mesquita Neto
Francisco Felipe Gama da Silva
Gabriel Tele Jucá
Garbriel José Teixeira Monteiro
Genilson Lima Cardoso
Hugo Thomas de Souza Porfirio
Itamar Henrique Favacho Torres Brito
Jessé Cristiano Pacheco Monteiro
Joao Flavio Alencar de Souza da Serra
José Ricardo Sousa
José Victor da Silva Oeiras
Leonnardo Lair Tavares Gomes
Lucas Bernard Veloso Fagundes
Loan Victor Bastos da Silva
Luiz Edgar Medeiros da Silva
Marcos Pinheiro de Barros
Marcos Roberto Santa Maria Cardoso
Marlon Rodrigues da Silva
Mike Davis Rocha
Márcia Yasmin Filgueiras dos Santos
Patrick Campos Porto
Paulo Victor Rodrigues da Silva
Rafael Augusto de Sales Correa
Rafael de Amorim Bastos
Rosangela Rosa Souza
Samuel Victor de Arruda e Silva
Trycia Isabele Pereira de Moraes
Yago Vasconcelos Machado

Todos os homens sonham, mas não da mesma forma. Os que sonham de noite, nos recônditos de suas mentes, acordam de manhã para verem que tudo, afinal, não passava de um sonho. Mas os que sonham acordados, esses são homens perigosos, pois realizam os seus sonhos de olhos abertos, tornando-os possíveis
(T.E. Lawrence - Lawrence da Arábia)

A vida é um jogo... de RPG, pois devemos adquirir experiência suficiente para ficarmos mais fortes, ganhar novos poderes e conhecimento, enfrentar os monstros de nossa vida, conversar bastante com nossos NPCs e devemos saber que só existe um Dungeon Master chamado Deus.
(Elinaldo Azevedo)

Resumo

Este trabalho explora o uso da Realidade Virtual (RV) como uma ferramenta para a educação e preservação cultural, focando no desenvolvimento de um protótipo que recria a cidade de Belém na década de 1950. O projeto surge em um contexto de modernização arquitetônica e transformações urbanas significativas, buscando resgatar a memória histórica da região. A pesquisa inclui uma revisão sistemática da literatura realizada entre 2017 e 2022, que analisa o impacto das tecnologias imersivas no ensino e na valorização do patrimônio cultural. Os resultados indicam que a RV tem um elevado potencial para enriquecer experiências educacionais, permitindo que os usuários vivenciem um passeio virtual interativo pela cidade. O protótipo foi desenvolvido utilizando metodologias como Design Thinking e modelagem 3D, incorporando elementos visuais e históricos que proporcionam uma experiência educativa. Além disso, a pesquisa identificou lacunas nas aplicações de RV para recriações históricas, sugerindo novas abordagens para integrar tecnologia em contextos educacionais e culturais. A proposta busca ampliar o acesso a conteúdos imersivos, promovendo a valorização do patrimônio cultural e incentivando o engajamento do público com a história local. Ao unir tecnologia e preservação histórica, o projeto não apenas contribui para a educação, mas também serve como um modelo para futuras iniciativas que utilizam a RV como meio de resgate cultural.

Palavras-chave: Realidade Virtual. Herança cultural. Belém. Protótipo. Design Thinking. Interface.

Abstract

This study explores the use of Virtual Reality (VR) as a tool for education and cultural preservation, focusing on the development of a prototype that recreates the city of Belém in the 1950s. The project emerges in a context of architectural modernization and significant urban transformations, aiming to recover the historical memory of the region. The research includes a systematic literature review conducted between 2017 and 2022, analyzing the impact of immersive technologies on education and the appreciation of cultural heritage. The results indicate that VR has a high potential to enrich educational experiences, allowing users to engage in an interactive virtual tour of the city. The prototype was developed using methodologies such as Design Thinking and 3D modeling, incorporating visual and historical elements to provide an educational experience. Furthermore, the research identified gaps in VR applications for historical recreations, suggesting new approaches to integrating technology into educational and cultural contexts. The proposal seeks to expand access to immersive content, promoting the appreciation of cultural heritage and encouraging public engagement with local history. By combining technology and historical preservation, the project not only contributes to education but also serves as a model for future initiatives that use VR as a means of cultural recovery.

Keywords: Virtual Reality. Cultural Heritage. Urban. Prototype. Design Thinking. Interface.

Lista de ilustrações

Figura 1.	Fluxo PRISMA para seleção dos trabalhos(CAMARGO et al., 2021)	35
Figura 2.	Trabalhos aceitos após critérios de inclusão.	36
Figura 3.	Trabalhos rejeitados após critérios de exclusão.	36
Figura 4.	Trabalhos com foco em educação.	37
Figura 5.	Estudos que possuem alguma metodologia de desenvolvimento após os critérios de inclusão.	37
Figura 6.	Contagem de estudos aceitos por continentes de origem.	40
Figura 7.	Distribuição de motores de jogos por estudos.	40
Figura 8.	Programas auxiliares utilizados nos estudos selecionados.	41
Figura 9.	Distribuição de programas de modelagem 3D nos estudos selecionados.	42
Figura 10.	Distribuição de dispositivos e técnicas de visualização 3D por estudo.	43
Figura 11.	Nuvem de palavras das palavras-chaves levantados na revisão.	44
Figura 12.	Qualidade dos estudos selecionados.	45
Figura 13.	Distribuição de metodologias utilizadas nos estudos aceitos.	46
Figura 14.	Imagem da simulação 1943 Berlin Blitz.	52
Figura 15.	Imagem do jogo Assassin's Creed: Odyssey.	53
Figura 16.	Imagem do jogo Kingdom Come: Deliverance.	54
Figura 17.	Imagem do jogo City Car Driving.	55
Figura 18.	Imagem do jogo Tripp.	56
Figura 19.	Gráfico representativo de integrações das áreas do conhecimento no Vintage Car.	62
Figura 20.	Duplo diamante adaptado ao projeto Vintage Car.	63
Figura 21.	Fluxo de desenvolvimento baseado no Duplo Diamante aplicado ao Vintage Car	65
Figura 22.	Mapa de empatia do perfil dos possíveis usuários a utilizar o Vintage Car.	67
Figura 23.	Perfil para estudante.	68
Figura 24.	Perfil para professor.	68
Figura 25.	Perfil para aposentado.	69
Figura 26.	Mapa mental com elementos principais do projeto.	70
Figura 27.	Ciclo de produção de Chandler.	71
Figura 28.	Fluxo da estrutura de jogo de Hunicke, Leblanc e Zubek.	72
Figura 29.	Logo Principal do Produto.	76
Figura 30.	Família da fonte Lakeshore-Drive para compor a logomarca Vintage Car.	79
Figura 31.	Família da fonte Drive-Thru para compor a logomarca Vintage Car.	79
Figura 32.	Família da fonte JMH Typewriter Mono para compor textos no Vintage Car.	80

Figura 33.	Modelo Canvas adaptado para um GDD do projeto Vintage Car. . . .	80
Figura 34.	Trajeto planejado para o projeto Vintage Car adaptado do Google Earth.	82
Figura 35.	Tela de configuração do efeito de tempo da narração do texto na ferramenta <i>Audacity</i>	89
Figura 36.	Processo de interação de obtenção de informação do modelo 3D. . . .	90
Figura 37.	Tela <i>In-game Object Target</i>	92
Figura 38.	Representação da aplicação simulando a visão em um dispositivo de RV	92
Figura 39.	Aplicação dos conceitos no protótipo	93
Figura 40.	Tela de menu principal	93
Figura 41.	Gênero dos voluntários	96
Figura 42.	Faixa etária dos participantes	97
Figura 43.	Escolaridade dos participantes	97
Figura 44.	Ocupação dos participantes	98
Figura 45.	Item sobre aprendizagem no formulário <i>online</i>	98
Figura 46.	Resultado sobre Reconhecimento de Adequação	99
Figura 47.	Resultado sobre Aprendizagem	99
Figura 48.	Resultado sobre Operacionalidade	100
Figura 49.	Resultado sobre Proteção contra erros do usuário	100
Figura 50.	Resultado sobre Estética da Interface do usuário	101
Figura 51.	Resultado sobre Acessibilidade	101
Figura 52.	Trajeto presente na versão deste projeto.	106

Lista de tabelas

Tabela 1.	Descritores de busca em Português e Inglês.	30
Tabela 2.	Critérios de inclusão e exclusão.	34
Tabela 3.	Critérios de qualidade.	34
Tabela 4.	Relação de trabalhos selecionados após os critérios de inclusão.	38
Tabela 5.	Ícones utilizados para navegação.	77
Tabela 6.	Referências de modelagem e texturização para prédios e vias.	83
Tabela 7.	Resultado final da modelagem do edifício Piedade.	84
Tabela 8.	Referências de modelagem e texturas para veículos.	85
Tabela 9.	Resultado final da modelagem dos veículos.	86
Tabela 10.	Referências para a modelagem de objetos.	87
Tabela 11.	Resultado da modelagem de objetos.	87
Tabela 12.	Hipóteses e validação.	107

Lista de abreviaturas e siglas

2D	Duas dimensões espaciais
3D	Três dimensões espaciais
ACM	<i>Association for Computing Machinery</i> - Associação de Máquinas de Computação
AR	<i>Augmented Reality</i> - Realidade Aumentada
AVA	Ambiente Virtual de Aprendizagem
BIM	<i>Business Information Modeling</i> - Modelagem de Informações de Negócios
CAD	<i>Computer-Aided Design</i> - Projeto Assistido por Computador
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CAMTUC	Campus de Tucuruí / UFPA
CSD	Matriz CSD - Certezas, Suposições e Dúvidas
DLC	<i>Downloadable Content</i> - Conteúdo para download
DOI	Endereço da Publicação
E^2I	<i>Engagement, Enjoyment, and Immersion</i> - Engajamento, Diversão e Imersão
FAU	Faculdade de Arquitetura e Urbanismo
FBX	<i>FilmBoX</i>
FOV	<i>Field of View</i> - Campo de Visão
FRACH	<i>Framework to Design Serious Games in Cultural Heritage</i> - Estrutura para Projetar Jogos Sérios no Patrimônio Cultural
GDD	<i>Game Design Document</i> - Documento de Design de Jogos
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i> - Instituto de Engenheiros Elétricos e Eletrônicos
IHC	Interface Humano-Computador
JS	Jogo Séri

KDC	<i>Kingdom Come: Deliverance</i>
LOD	<i>Level-of-Detail</i> - Nível de Detalhes
MDA	<i>Mechanics, Dynamics, and Aesthetics</i> - Mecânica, Dinâmica e Estética
MVP	<i>Minimum Viable Product</i> - Produto Minimamente Viavelmente
PC	<i>Personal Computer</i> - Computador Pessoal
PICOC	<i>Population, Intervention, Comparison, Outcome, Context</i> - População, Intervenção, Comparação, Resultado, Contexto
PPCA	Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada
PRISMA	<i>Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses</i> - Itens de relatório preferidos para revisões sistemáticas e meta-análises
PT-BR	língua Português brasileiro
QR-Code	<i>Quick Response Code</i> - Código de Resposta Rápida
RA	Realidade Aumentada
RAF	<i>Royal Air Force</i> - Força Aérea Real
RM	Realidade Mista
RPG	<i>Role-Playing Game</i> - Jogo de Interpretação
RSL	Revisão Sistemática da Literatura
RV	Realidade Virtual
UFPA	Universidade Federal do Pará
UI	<i>User Interface</i> - Interface do Usuário
UTAUT	<i>Unified Theory of Acceptance and Use of Technology</i>
UX	<i>User Experience</i> - Experiência do Usuário
VR	<i>Virtual Reality</i> - Realidade Virtual
VRSQ	<i>Virtual Reality Sickness Questionnaire</i> - Teoria Unificada de Aceitação e Uso de Tecnologia

Sumário

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	Contexto, Problema e Questão de Pesquisa	17
1.2	Motivação e Justificativa	18
1.3	Objetivos	19
1.3.1	Objetivo Geral	19
1.3.2	Objetivos Específicos	19
1.4	Hipóteses	20
1.5	Metodologia	20
1.6	Principais Contribuições	22
1.7	Estrutura da Dissertação	23
2	REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA	24
2.1	Introdução do Mapeamento	24
2.2	Fundamentação Teórica	24
2.2.1	Realidade Virtual	24
2.2.2	Resgate Histórico-cultural	26
2.3	Metodologia Utilizada	27
2.3.1	Perguntas de Pesquisa	28
2.3.2	Estratégias utilizadas nos mecanismos de busca	29
2.3.3	Critérios de inclusão e exclusão	32
2.3.4	Critérios para seleção dos estudos e identificação de qualidades	34
2.3.5	Detalhamento dos trabalhos selecionados	38
2.3.6	Extração e sintetização dos dados	39
2.4	Resultados e Análises	44
2.4.1	Resultado da avaliação da qualidade	45
2.4.2	Comparações críticas	46
2.4.3	Lacunas existentes	50
2.5	Trabalhos Relacionados	51
2.5.1	1943 Berlin Blitz	51
2.5.2	Assassin's Creed: Odyssey	52
2.5.3	Kingdom Come: Deliverance	53
2.5.4	City Car Driving	54
2.5.5	Tripp VR	55
2.6	Considerações do Mapeamento	56
3	DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO	60

3.1	Introdução	60
3.2	Metodologia do desenvolvimento do protótipo	60
3.3	Processo do <i>Design Thinking</i>	62
3.3.1	Duplo diamante	63
3.3.2	Mapa de empatia	65
3.3.3	Personas	67
3.3.4	Mapa mental	69
3.4	Ciclo de produção e MDA	71
3.5	Conceitos de interface	72
3.6	Identidade visual	75
3.6.1	Criação da Identidade Visual	75
3.6.2	Logomarca	75
3.6.3	Ícones	76
3.6.4	Cores	77
3.6.5	Fontes	79
3.7	GDD	80
3.8	Modelagem 3D	81
3.8.1	O trajeto do projeto	81
3.8.2	Vias e prédios da cidade	82
3.8.3	Veículos e objetos	84
3.9	Criação do áudio	88
3.10	Modelagem de processos da mecânica	89
3.11	Protótipo da Aplicação	91
3.11.1	Repositório da aplicação	94
4	AVALIAÇÃO DO PROTÓTIPO	95
4.1	Descrição da avaliação	95
4.2	Resultados	96
4.3	Discussões dos resultados	101
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	104
5.1	Sumarização	104
5.2	Limitações do estudo	107
5.3	Trabalhos futuros	108
	ANEXO A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLA- RECIDO	110
	ANEXO B – FICHA DE AVALIAÇÃO <i>ONLINE</i>	112
	REFERÊNCIAS	117

1 Introdução

1.1 Contexto, Problema e Questão de Pesquisa

Desde o anúncio sobre do termo “Metaverso” pela empresa Meta no ano de 2021, especulava-se em como poderiam ser tratadas as aplicações que utilizam a tecnologia de Realidade Virtual (RV) e Realidade Aumentada (RA). De acordo com notícias que corriam na época, o Metaverso é uma espécie de nova camada da realidade que integra os mundos real e virtual. Na prática, é um ambiente virtual imersivo construído por meio de diversas tecnologias, como Realidade Virtual, Realidade Aumentada e hologramas (INFORMONEY, 2022). De acordo com LEMES; JUNIOR; RODRIGUES (2024), em um conceito mais contemporâneo, o Metaverso pode ser compreendido através de sua análise etimológica, constituindo-se da junção do prefixo grego “meta”, que denota “além”, com o termo “universo”. Esta composição sugere uma evolução significativa dos paradigmas atuais da internet, estabelecendo novos parâmetros de interação digital. Verifica-se que a origem do termo encontra-se documentada no romance de ficção científica “*Snow Crash*”, publicado em 1992, de autoria de Neal Stephenson. Observa-se que esta obra literária apresenta uma narrativa precursora, na qual as atividades cotidianas ocorrem parcialmente em ambiente digital, antecipando discussões contemporâneas sobre realidade virtual e interação digital.

O estudo de FILHO; OLIVEIRA (2021) aponta para um crescimento significativo do mercado de Realidade Virtual (RV), com uma expectativa de lucro que ultrapassaria os 370 bilhões de reais em 2020, um aumento substancial em relação aos 25 bilhões de reais registrados em 2017. O ano de 2016 é destacado como um marco para a tecnologia, com a comercialização de 6,3 milhões de dispositivos em todo o mundo, impulsionada principalmente pela indústria de jogos. Contudo, o artigo evidencia uma forte tendência de aplicação da RV para muito além do setor de games, indicando um futuro multifuncional para o dispositivo. Entre os setores com potencial de uso, destacam-se a educação, no desenvolvimento cognitivo de alunos; a saúde, na reabilitação de pacientes e tratamento de fobias; o mercado imobiliário, com “visitas virtuais”; a indústria automobilística, no desenvolvimento de protótipos; e as redes sociais, para gerar maior interatividade entre os usuários. A superação de barreiras como o custo elevado de aquisição é um fator crucial para a consolidação dessa tendência.

Assim como SALEN; ZIMMERMAN (2012) argumentam que a simulação é uma classe especial de representações, experimentada como procedimentos, conjuntos de comportamentos ou formas de interação, é a matéria-prima das simulações. Os autores inserem os conceitos de estrutura cognitiva para o entendimento do significado das coisas

dentro das simulações. O contexto da “vida real” inserida neste simulador desempenha um papel crucial como parte da cultura vivida por pessoas.

Esses autores acreditam que todos os jogos refletem a cultura em algum grau, pois são objetos produzidos e jogados pelo público em geral. A cultura refere-se, normalmente, “a todo valor compartilhado por uma sociedade ou grupo e é frequentemente usada para se refletir coletivamente a uma sociedade e ao seu modo de vida” (SALEN; ZIMMERMAN, 2012b).

O projeto Vintage Car teve seu início em 2016 dentro do curso presencial de Jogos Digitais da Faculdade Estácio de Belém, e reuniu alunos de Jogos Digitais, Arquitetura, Engenharia de Computação e Design de Produtos. Ao longo do tempo, os alunos-voluntários foram sendo renovados à medida que foram se formando. Já houveram casos em que alunos egressos retornaram para adquirir a experiência de estar em um projeto em Realidade Virtual.

O Vintage Car foi criado para um evento específico da cidade de Belém, Pará, Brasil. A ideia inicial era ofertar aos participantes do evento uma experiência imersiva e inovadora para relembra épocas marcantes da cidade.

A época escolhida foi os anos de 1950, período do início da verticalização arquitetônica de Belém, no qual os grandes prédios e edifícios dariam lugar ao ambiente provinciano da cidade, modernizando sua identidade e transformando seus ares.

O intuito do presente trabalho é apresentar uma proposta de uma aplicação em RV que possa ser utilizado tanto para fins didáticos quanto para entretenimento, de forma que garanta a veracidade das informações de seu conteúdo. Com a prática tecnológica de movimentos de cabeça do usuário, espera-se tornar a experiência com poucas interferências da pessoa que irá interagir com o sistema, e assim deixando a navegação mais imersiva possível.

1.2 Motivação e Justificativa

Com o intuito de aumentar o número de materiais interativos que utilizam formas imersivas de comunicação e expressão cultural na cidade de Belém, está sendo proposto por neste projeto, o desenvolvimento do Vintage Car para acrescentar novos paradigmas e recursos de contextualização histórica e cultural, não apenas para a cidade, mas à região e à sociedade como um todo.

A preservação e a valorização do patrimônio cultural de uma cidade desempenham um papel crucial na promoção da identidade e na compreensão da história de uma sociedade. A tecnologia de Realidade Virtual (RV) tem emergido como uma ferramenta inovadora para o resgate e a exposição de contextos históricos, proporcionando uma experiência

imersiva que transcende as limitações físicas e temporais. No contexto mundial, várias cidades destacam-se por sua rica herança cultural, quando diversos aspectos socioculturais moldaram a cidade e sua população.

O uso da Realidade Virtual no contexto do resgate cultural tem ganhado destaque na última década, de acordo com KOLMAR (2023), trazendo pesquisas que exploram suas aplicações em diferentes contextos históricos e geográficos. Entretanto, no contexto específico deste trabalho, existe uma preocupação de uma carência de investigações que tenham explorado a Realidade Virtual como ferramenta para o resgate e a representação de épocas antigas com mais de 50 anos. A singularidade do período de épocas antigas e a riqueza cultural de uma cidade durante esse período demandam uma abordagem que valorize e compartilhe esse patrimônio por meio das tecnologias contemporâneas de RV.

Devido à sua relevância cada vez maior e a necessidade de desenvolvimento de conteúdos digitais que mostram o resgate histórico-cultural urbano, a pesquisa proposta procurará investigar como essa tecnologia pode ser aplicada de maneira eficaz para recriar as experiências vivenciadas na cidade. Esta pesquisa não apenas trará conhecimento relevante sobre as aplicações relevantes, mas também poderá contribuir para o desenvolvimento de novas formas de conteúdo visualmente imersivas que representam cenários históricos.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

Desenvolver um protótipo de realidade virtual projetada para a Belém de 1950, cuja temática busca proporcionar uma experiência no resgate cultural.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Realizar uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) para identificação do estado da arte do desenvolvimento de Realidades Virtuais aplicadas ao resgate histórico urbano;
2. Criar uma documentação baseada nos princípios da Experiência do Usuário e Interface Humano-Computador (IHC) aplicados à realidade virtual projetada;
3. Desenvolver um protótipo funcional;
4. Disponibilizar o protótipo para servir de objeto de referência ao resgate cultural.

1.4 Hipóteses

Com base nas motivações e objetivos descritos, foram levantadas as hipóteses que norteiam a pesquisa através da metodologia. As hipóteses representam as suposições e conjecturas que orientaram o desenvolvimento do protótipo e a metodologia de avaliação, estabelecendo uma conexão direta entre o problema de pesquisa e os resultados esperados. A construção de uma documentação robusta e a posterior avaliação com usuários visam testar a validade destas premissas, que serão detalhadas a seguir e retomadas na análise conclusiva deste trabalho.

- **H0** - É possível utilizar técnicas de desenvolvimentos de jogos e IHC (Interface Humano-Computador) para criar uma aplicação em realidade virtual no contexto histórico-cultural.
- **H1** - É possível criar um conteúdo digital educativo através da realidade virtual.
- **H2** - O protótipo consegue alcançar um nível satisfatório de aprendibilidade, tendo como referência os critérios de Usabilidade da norma ISO/IEC 25010:2023.

1.5 Metodologia

Baseado nos objetivos, esta proposta tenta alcançar através da metodologia, o desenvolvimento de uma aplicação em RV para conteúdo histórico-cultural e que servirá de material interativo disponível para a sociedade. Para que esta proposta torne-se viável, uma relação de etapas devem ser cumpridas para atingir tais objetivos. Este estudo baseia-se nos conceitos apresentados por PRODANOV; FREITAS (2013), que estrutura o processo de investigação científica e fornece um direcionamento metodológico para pesquisas aplicadas à inovação tecnológica entre outros tipos de pesquisa.

Este trabalho é uma pesquisa aplicada, na qual, orienta o desenvolvimento do passeio virtual ao buscar soluções práticas que possam ser implementadas no protótipo final, contribuindo para o resgate cultural e o acesso educacional à história da cidade de Belém, Pará, Brasil. PRODANOV; FREITAS (2013, p. 42) descrevem essa modalidade como voltada para a solução de problemas específicos, característica que justifica a utilização de um projeto em RV como meio educativo e de preservação cultural.

Como forma de entender melhor o contexto e as características históricas, utilizou-se a pesquisa exploratória para levantar informações iniciais e identificar referências que fundamentam a construção do ambiente virtual. Essa etapa exploratória visa estruturar o conhecimento sobre o cenário urbano e cultural de Belém nos anos de 1950, além de orientar o levantamento de dados necessários para o desenvolvimento dos elementos visuais e arquitetônicos (PRODANOV; FREITAS, 2013, p. 49).

Para alcançar o primeiro objetivo específico do projeto, durante a realização da Revisão Sistemática da Literatura, recorreu-se à pesquisa bibliográfica através da análise de fotos, vídeos, mapas cartográficos e documentos históricos, os quais constituem fontes primárias e secundárias de informações visuais e contextuais da época, indispensáveis para a verossimilhança da experiência em RV. De acordo com PRODANOV; FREITAS (2013, p. 54), essa pesquisa procura proporcionar uma base teórica sólida ao tema em questão, permitindo assim, uma reconstrução precisa e visualmente fiel dos espaços e edificações da cidade.

A construção de uma documentação, que possa auxiliar no desenvolvimento de um protótipo e atingir o segundo objetivo específico, faz-se necessária através de vários artefatos tais como, *Game Design Document* (GDD), mapas mentais, fluxogramas, mapeamento de perfis de usuários e formulários de avaliações.

Para o atingimento do terceiro objetivo específico do projeto, espera-se realizar a codificação do protótipo em ferramentas já pesquisadas através da revisão sistemática e levantamento de requisitos. Consequentemente, espera-se a disponibilização do protótipo em plataformas públicas para que o usuários possam conhecer os resultados deste trabalho e assim alcançar o quarto e último objetivo específico do projeto. Além disto, espera-se realizar testes com usuários reais para testar a receptividade do sistema.

Para compreender a recepção dos usuários e realizar ajustes futuros no protótipo, foi aplicada a pesquisa de campo por meio eletrônico do formulário de avaliação de interface ISO/IEC (2023) recriado com o formulário GOOGLE (2019). Esse formulário coleta dados sobre a experiência do usuário, permitindo identificar problemas de navegabilidade e aspectos que podem ser melhorados. Essa técnica como crucial para o aprimoramento de produtos com base em respostas do usuário, essencial no desenvolvimento de ambientes de Realidade Virtual (PRODANOV; FREITAS, 2013, p.61).

Por fim, este estudo também utiliza a pesquisa de estudo de caso, em que de acordo com PRODANOV; FREITAS (2013, p. 63), é uma estratégia eficaz para análises detalhadas de uma realidade específica, possibilitando uma compreensão profunda do contexto urbano e das particularidades arquitetônicas de Belém dos anos 1950. As principais etapas deste trabalho são apresentadas a seguir:

1. Revisão sistemática da literatura:

A metodologia deste trabalho inicia-se com a Revisão Sistemática da literatura (RSL) com a qual tenta desvendar as tendências científicas na vanguarda do tema proposto. A RSL é de suma importância para apontar a direção dos trabalhos que já foram feitos dentro do tema e ajudar a propor novas discussões. Esta revisão está descrita no Capítulo 2 deste trabalho.

2. Proposta do protótipo:

Este trabalho propõe uma aplicação em Realidade Virtual (RV) projetada baseada em simulação de passeio virtual. Este projeto não se propõe a ser um jogo digital ou uma simulação realista com todos os mecanismos de um veículo, mas procura ser um meio termo entre os dois a fim de buscar uma abordagem educacional com um maior engajamento entre os usuários.

3. Desenvolvimento de Documentação do Protótipo:

O detalhamento da documentação consiste em descrever os principais elementos que compõem o processo de desenvolvimento e características técnicas da aplicação, tais como fluxo de telas, elementos estéticos (gráficos, sons e cenários), diagramas, regras de navegação e ambientação do mundo virtual.

4. Desenvolvimento da Interface da Protótipo:

O desenvolvimento do protótipo foi baseado em vários conceitos de *Design Thinking*, Experiência de Usuário (*User Experience* - UX), Interface de Usuário (*User Interface* - UI) e através de artigos coletados durante a Revisão Sistemática da Literatura (RSL). Tais conceitos e técnicas norteiam o processo de desenvolvimento, com o intuito de atrair pessoas com interesse no tema.

5. Avaliação do protótipo:

Após a finalização do protótipo, foi realizada a avaliação deste para validar sua eficácia e coletar dados empíricos sobre a experiência do usuário. Esta fase foi conduzida por meio da aplicação de um formulário online, cujo desenvolvimento foi fundamentado nos critérios de qualidade de uso da norma ISO/IEC 25010:2023. Os dados coletados nesta etapa foram fundamentais para testar as hipóteses da pesquisa, identificar os pontos fortes e as limitações do protótipo, e orientar as futuras melhorias do projeto.

1.6 Principais Contribuições

Este trabalho contribuiu com a discussão tanto no âmbito do desenvolvimento de aplicações em RV e resgate histórico-cultural através das ferramentas de Modelagem 2D e 3D, Motor de Jogos e *Design Thinking* (Seção 3.2), ao mostrar o processo de desenvolvimento, as melhores práticas de interfaces para dispositivos de RV, a contribuição de conteúdo regional e o incentivo para possíveis pesquisadores que almejam desenvolver seus projetos de RV para resgate histórico-cultural.

Neste projeto foram gerados as seguintes produções:

- Publicação online na Revista Re@d: <https://revistas.rcaap.pt/lead_read/article/view/36752>

- Publicação online na Revista IADIS: <https://www.iadisportal.org/ihci-get-cgvcvip-2025-proceedings>
- Produção do software: <https://github.com/elinaldoazevedo/VintageCar>
- Registro de Software: BR512025005360-6

1.7 Estrutura da Dissertação

Este trabalho está estruturado em cinco capítulos. O Capítulo 2 detalha a Revisão Sistemática da Literatura (RSL), introduzindo a importância da preservação histórica auxiliada pela Realidade Virtual e fundamentando teoricamente os conceitos de RV e resgate histórico-cultural urbano, com foco em Belém. Em seguida, apresenta a metodologia acadêmica da RSL, incluindo perguntas de pesquisa, estratégias de busca, critérios de seleção e extração de dados, culminando na apresentação dos resultados, análises, comparações críticas, lacunas e os trabalhos relacionados que embasaram o projeto.

O Capítulo 3 aborda o desenvolvimento do protótipo minimamente viável, explicando a integração das áreas do conhecimento e as metodologias de engenharia de software e Design Thinking, como o Duplo Diamante, mapa de empatia, personas e mapa mental. Também são apresentados o ciclo de produção de Chandler, a estrutura MDA, os conceitos de interface baseados nas heurísticas de Nielsen adaptadas para RV, a criação da identidade visual e o GDD. O capítulo detalha ainda o processo de modelagem 3D (trajeto, vias, prédios e veículos) e a mecânica de interação, finalizando com a apresentação do protótipo e seu repositório.

O Capítulo 4 foca na avaliação da interface do protótipo, descrevendo os cenários da pesquisa, os instrumentos de coleta (ficha de avaliação e TCLE), os itens avaliados e os resultados gráficos, tecendo considerações sobre os dados. Por fim, o Capítulo 5 apresenta as Considerações Finais, com a sumarização do trabalho, as conclusões, as limitações do estudo e as sugestões para trabalhos futuros.

2 Revisão Sistemática da Literatura

2.1 Introdução do Mapeamento

A preservação e a valorização do patrimônio cultural de uma cidade desempenham um papel crucial na promoção da identidade e na compreensão da história de uma sociedade. A tecnologia de Realidade Virtual (RV) tem emergido como uma ferramenta inovadora para o resgate e a exposição de contextos históricos, proporcionando uma experiência imersiva que transcende as limitações físicas e temporais. No contexto mundial, várias cidades destacam-se por sua rica herança cultural, quando diversos aspectos socioculturais moldaram a cidade e sua população.

A presente revisão sistemática da literatura propõe investigar e analisar as contribuições acadêmicas entre os anos de 2017 a 2022, que se concentram na utilização da Realidade Virtual para o resgate cultural de uma cidade, em um período antigo. A compreensão das abordagens, métodos e resultados das pesquisas existentes, permitirá identificar possíveis lacunas no conhecimento e direções para o desenvolvimento de uma aplicação de RV que atenda às necessidades de preservação e resgate cultural de um local determinado em um período crucial de sua história.

2.2 Fundamentação Teórica

2.2.1 Realidade Virtual

De acordo com LEVY (2005), o termo “virtual” tem sua origem no latim medieval pela palavra *virtualis*, que significa força ou potência. No mais, a virtualidade é como um complexo problemático que se opõe ao estático, possível e o que já está construído, é a força que acompanha uma situação, objeto, acontecimento ou entidade. Tornando a virtualização como um processo de atualização de uma ideia, dando-lhe força para que seja concretizada ou realizada, a realidade.

Segundo PINHEIRO; PACHECO (2023), a Realidade Estendida (XR - *Extended Reality*) é conceituada como um conjunto de tecnologias que visa conectar o mundo real com o mundo virtual. Dentro deste conceito, são abrangidas três tecnologias principais. A primeira é a Realidade Virtual (VR) que, transporta o indivíduo para um ambiente digital gerado por computador, onde as pessoas se tornam parte integrante do sistema. Uma característica específica da VR é que ela bloqueia o campo de visão do usuário com óculos especiais, proporcionando sensação de realismo e permitindo interações com elementos 3D e navegação em tempo real. A segunda tecnologia é a Realidade Aumentada (RA)

que, consiste na transposição de informações e elementos visuais no espaço do usuário. A terceira tecnologia é a Virtualidade Aumentada (VA), apresentada como um meio-termo entre a VR e a RA, caracterizando-se por interfaces onde objetos do mundo virtual e do mundo real podem coexistir e interagir em tempo real.

TORI; HOUNSELL (2020) definem os ambientes virtuais como, ao mesmo tempo, reais. Nos quais, são realidade diferentes, alternativas, criadas artificialmente, mas são percebidas pelos nossos sistemas sensórios da mesma forma que o mundo físico à nossa volta: podem emocionar, dar prazer, ensinar, divertir e responder às nossas ações, sem que precisem existir de forma tangível (tocável).

O termo Realidade Virtual (RV) tornou-se cada vez mais comum no meio contemporâneo, sendo considerado uma nova forma de abordar a construção de narrativas visuais e ludificação no campo digital. De acordo com o site Zippia (KOLMAR, 2023), atualmente existem cerca de 171 milhões de usuários de realidade virtual pelo mundo.

A simulação, assim dito por ARRUDA (2014), no qual o simulador é a representação da realidade, nos quais, são utilizados em jogos que fazem a representação de situações cotidianas vividas por pessoas. Estas ocorrências não necessariamente são experiências atuais ou físicas, mas que buscam possibilitar reações positivas ou negativas para o indivíduo.

Ao diferenciar os tipos de simulações, sejam elas virtuais ou não, em jogos digitais ou não, SALEN; ZIMMERMAN (2012) dizem que

Cada simulação obtém sua identidade a partir de uma situação do mundo real: pilotar um avião real, fazer uma venda real, tentar andar no espaço real ou escapar de um incêndio real. Em todos os casos, a representação que a simulação cria é um processo: a complexa maquinaria e interatividade de um simulador de voo, o processo social e convencional de representar um papel, a simulação física de estar no espaço sideral e o fluxo de corpos descendo escadas e passando pelas saídas de incêndio.

GODULLA et al. (2012), quando falam sobre a simulação “1943 Berlin Blitz”¹ que, em termos de imersão, os usuários descreveram a experiência de RV como “extremamente imersiva” e “verdadeiramente imersiva”. Eles destacaram aspectos como a “transmissão de rádio autêntica” e como a experiência “traz o áudio à vida”. Eles mencionam que os usuários tinham comentários positivos sobre a conexão entre imersão e narrativa. Um usuário citou a experiência como “ótima experiência de RV e narrativa emocional em RV”. Por outro lado, os comentários negativos estavam principalmente relacionados à usabilidade e utilidade. Os usuários eram críticos quanto à percepção dos efeitos audiovisuais, mencionando que os gráficos “não são os melhores” e o som era decepcionante. A experiência geral foi considerada positiva quando o usuário tinha suficiente informação de fundo e a história

¹ Jogo 1943 Berlin Blitz - (BBC, 2018)

estava bem contada. Um dos usuários comentou que, como um estudante de história, ele nunca havia testemunhado o “medo e o cheiro de verdadeira guerra” como o experimentado nessa imersão. Assim, a simulação “1943 Berlin Blitz” foi geralmente bem recebida em termos de imersão e narrativa, mas recebeu críticas em relação à usabilidade e utilidade.

2.2.2 Resgate Histórico-cultural

De acordo com ZAIA; ROSE; MAJEWSKI (2022), a importância do resgate cultural está relacionada à preservação da história e da identidade cultural de uma sociedade, bem como à promoção da compreensão e do respeito entre diferentes culturas. Além disso, o estudo destaca que o uso de tecnologias virtuais, como realidade virtual e aumentada, pode enriquecer a experiência do visitante em museus e locais históricos, permitindo que as pessoas interajam com objetos e locais que de outra forma não seriam acessíveis.

COLE (2022) discute como o jogo “*Assassin’s Creed: Odyssey*”² permite aos jogadores experienciarem uma versão imersiva da história e cultura da Grécia antiga, argumentando que os videogames criam “*mashups* tecnoculturais”, representando uma forma de renovação da memória cultural. Explorando tanto a forma cultural quanto tecnológica, esta modalidade de lembrança funciona como restauradora, tentando uma reconstrução trans-histórica, e reflexiva, concentrando-se nas ambiguidades do desejo e pertencimento humanos.

O estudo ÁVILA; CORSO; FISCHER (2021) discute a capacidade da tecnologia, especificamente dos videogames, em resgatar e preservar elementos culturais e históricos. Ele explora como os espaços digitais permitem a permanência do patrimônio cultural e histórico de formas que não são possíveis no mundo físico. Os autores usam exemplos de jogos que reproduzem locais e momentos históricos. Há um debate sobre o movimento dos artefatos digitais, que podem ou não reproduzir com fidelidade o que está (ou estava) fisicamente localizado num espaço e tempo. Ainda assim, o estudo reflete sobre a importância de preservar a cultura também dentro desses ambientes digitais. Os autores propõem considerar o jogo em si como uma nova camada de patrimônio cultural que necessita da preservação. Eles vêem um valor tanto na memória dos jogos e seus consoles como objetos de estudo, quanto na contribuição desses jogos como artefatos de preservação cultural.

SUKHOV (2022) realça a utilidade do jogo “*Kingdom Come: Deliverance*”³ (KCD) como uma ferramenta educacional e cultural. Ele menciona dois aspectos principais de educação em KCD: o externo e o interno. O aspecto educacional externo se refere ao uso do jogo para o desenvolvimento pessoal e profissional, indo além do mundo virtual do jogo para se relacionar diretamente com o estudo real da história da Idade Média. Já o aspecto educacional interno está relacionado à educação e treinamento dentro do mundo virtual do

² Jogo *Assassin’s Creed: Odyssey* - (UBISOFT, 2020)

³ Jogo *Kingdom Come: Deliverance* - (WARHORSE, 2024)

KCD, incluindo desenvolvimento de habilidades de combate e não-combate. Além disso, o autor destaca o uso do jogo para explorar a arquitetura medieval e a cultura cristã européia medieval, haja vista que o termo “*kingdom come*” aparece como uma citação da Oração do Senhor em inglês usada para despertar o interesse no estudo da cultura. O jogo recria a arquitetura medieval real do Reino da Boêmia, permitindo ao jogador imergir no mundo virtual e estudar a arquitetura do final da Idade Média em detalhe. O autor argumenta que o jogo KCD coloca o histórico e o regional como princípios fundamentais, permitindo uma exploração detalhada da época e fomentando o resgate cultural. Essas descobertas podem ser úteis para estudos educacionais, históricos, culturais e de jogos.

MELO; CHAVES; LIMA (2021) dizem que durante o período entre 1940 e 1960, ocorreram transformações representadas em cartografia que refletiam o discurso progressista da modernidade, com a modernização sendo o meio material para tais mudanças. Além disso, as construções e intervenções modernizadoras ao longo da Avenida Presidente Vargas reforçaram a impressão de uma série de edifícios com parâmetros construtivos advindos de uma cultura externa, demonstrando a influência da modernidade na paisagem construída de Belém.

CHAVES; MIRANDA (2016) afirmam que o processo de verticalização se concentrou inicialmente no centro comercial, com a Avenida 15 de Agosto (atualmente Presidente Vargas) sendo um ponto central desse processo. Além disso, mencionam a influência do discurso modernizador do governo do Presidente Getúlio Vargas, que promoveu a verticalização como uma forma de mostrar Belém como uma cidade moderna. Isso demonstra a importância da verticalização na concepção de Belém como uma cidade em evolução e alinhada com as tendências globais de desenvolvimento urbano.

Esta revisão servirá de suporte para trabalhos relacionados com temas sobre a cidade de Belém ou quaisquer cidades cujo período histórico seja relevante culturalmente.

2.3 Metodologia Utilizada

A metodologia adotada nesta pesquisa para desenvolver uma aplicação de RV destinada ao resgate cultural de uma determinada cidade, é fundamentada em princípios de Revisão Sistemática de Literatura (RSL) na abordagem de KITCHENHAM (2007), que enfatiza a necessidade de uma estrutura clara e bem definida para a condução da revisão, incluindo etapas de planejamento, busca e seleção de estudos, análise crítica e síntese dos resultados. A metodologia apresentada neste capítulo, refere-se exclusivamente à RSL. A metodologia do desenvolvimento do protótipo é apresentada na seção 3.2.

A partir dessa base, será possível estabelecer de maneira estruturada as diretrizes para a RSL, permitindo uma abordagem abrangente na identificação, análise e síntese dos estudos relevantes relacionados à RV e ao resgate cultural de uma cidade determinada.

A metodologia seguirá os padrões estabelecidos por Kitchenham, visando garantir a objetividade, a replicabilidade e a confiabilidade de todo o processo de pesquisa. Foi utilizada a ferramenta *Escritha* (SILVA, 2024) como base para esta revisão.

A partir do subtópico 2.3.1, será apresentado em detalhes o plano metodológico, incluindo os passos específicos a serem seguidos, perguntas da pesquisa, a estratégia de busca, os critérios de inclusão e exclusão de estudos, critérios de seleção dos estudos, detalhamentos, bem como a abordagem de análise dos dados. Isso assegurará uma pesquisa sólida, coerente com as melhores práticas e capaz de contribuir significativamente como guia do estado da arte para nortear o desenvolvimento de aplicação de RV que almeja utilizar esses moldes.

A metodologia de pesquisa é um componente crucial na condução de investigações acadêmicas, fornecendo um quadro estruturado para abordar questões de pesquisa com precisão e rigor. Neste contexto, a metodologia PICOC, também utilizada neste estudo, se destaca como um método eficaz para a formulação de perguntas de pesquisa claras e a identificação de critérios relevantes para a seleção de estudos pertinentes em revisões sistemáticas.

A abordagem PICOC (CAMARGO et al., 2021), cujo nome é um acrônimo que representa os elementos essenciais de uma questão de pesquisa, tem sido amplamente utilizada em várias disciplinas, incluindo Medicina, Ciências Sociais e Educação. Esta metodologia foi adaptada ao tema e oferece um roteiro estruturado para a definição precisa de cada componente da pergunta de pesquisa, facilitando a busca e seleção de literatura relevante para uma revisão sistemática.

2.3.1 Perguntas de Pesquisa

Para o início da revisão, procurou-se investigar as aplicações de RV voltadas para o ensino de história, no que tange ao resgate histórico-cultural como objeto do aprendizado e com um foco específico em uma cidade específica, que no caso deste estudo, será focado em Belém / Pará. As questões de pesquisa formuladas fornecerão o alicerce para a exploração detalhada desse tópico multifacetado.

- **Q1: Qual o estado da arte de aplicações de RV para o ensino de história?**
- **Q2: Quais aplicações são ambientadas em Belém do Pará?**
- **Q3: Quais aplicações utilizam *engines* de desenvolvimento de jogos?**
- **Q4: Quais aplicações são utilizadas para a educação?**
- **Q5: Quais os resultados gerados pelas aplicações?**

Tais perguntas devem ser respondidas ao longo desta revisão através de dados apresentados, mas suas especificidades serão respondidas nas considerações finais deste trabalho.

2.3.2 Estratégias utilizadas nos mecanismos de busca

Os mecanismos de busca são uma das principais fontes de informação para a realização de revisões sistemáticas. Eles permitem que os pesquisadores encontrem rapidamente uma grande quantidade de informações relevantes sobre um determinado tópico. No entanto, a qualidade dos resultados da pesquisa depende das estratégias utilizadas pelos pesquisadores.

Existem várias estratégias que podem ser utilizadas para melhorar a qualidade dos resultados da pesquisa em mecanismos de busca. Algumas dessas estratégias incluem o uso de palavras-chave relevantes, a utilização de operadores booleanos (*AND*, *OR*, *NOT*, '-', '+'), a utilização de filtros de pesquisa e a avaliação crítica dos resultados da pesquisa. Para obter os melhores resultados possíveis em uma revisão sistemática, é importante que os pesquisadores compreendam as estratégias utilizadas pelos mecanismos de busca e saibam como aplicá-las corretamente.

Para tais buscas, foram selecionados os mecanismos relevantes para a área de RV, resgate histórico e educação. Os mecanismos foram divididos em dois grupos de idiomas, pois é possível separar o número de estudos em Inglês e Português, haja vista que tal método torna mais organizada a busca para análise. Inclusive, em uma das bases pesquisadas, retornou um número substancial de estudos em Português.

As palavras-chaves definidas para o tema do estudo estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1. Descritores de busca em Português e Inglês.

Descritores em Português	Sinônimos
Realidade Virtual	Virtualidade, Ambiente virtual, Ambiente 3D
Resgate cultural	Reconstrução virtual, História
Educação	–
Belém	Cidade
Descritores em Inglês	Sinônimos
Virtual Reality	Virtuality, Virtual Environment, 3D Environment
Cultural Heritage	Past, Virtual Reconstruction, Antique
Education	–
City	Urban

Fonte: Autoria própria (2023)

Baseado nas palavras-chaves e seus sinônimos, pode-se considerar alguns pontos relevantes à caracterização da composição da busca para os mecanismos:

- A palavra “Educação” não precisou de sinônimos, pois entendeu-se que é uma palavra universal para a contribuição de estudos cujo tema está relacionado ao aprendizado de qualquer faixa etária, credo, classe social ou geografia;
- A palavra “Belém” foi suprimida da busca em inglês, pois entende-se que, por ser uma regionalizada, encontrada apenas no Norte do Brasil, a probabilidade de estudos internacionais retornados seriam ínfimos para esta revisão;
- O termo “Reconstrução Virtual” foi inserido como sinônimo de “Realidade Virtual”, pois esta é uma relação direta com a construção de maquetes, aplicativos e cenários virtuais.

Foram utilizadas cinco bases científicas para a revisão: 1) *ACM Digital Library*, 2) *IEEE Digital Library*, 3) *Science Direct*, 4) *Scopus* e 5) Periódicos CAPES. O Google Acadêmico, muito comum em RSLs, foi suprimido da metodologia por entender que esta base retorna estudos de outras bases que já foram pesquisadas anteriormente, tornando a pesquisa mais precisa e com menos trabalhos duplicados.

Para *ACM Digital Library*, foram utilizadas 2 adaptações da *string*, resultando em 206 trabalhos encontrados, contemplando os dois idiomas pretendidos, demonstrada a seguir:

- Em Português → “(“Realidade Virtual” OR Virtualidade OR “Ambiente virtual” OR “Ambiente 3D”) AND (História OR “Resgate cultural”) AND (Educação) AND (Belém OR Cidade)”;
- Em Inglês → “(“Virtual Reality” OR Virtuality OR “Virtual Environment” OR “3D Environment”) AND (Past OR Antique OR “Cultural Heritage”) AND (Education) AND (City) -business, -game, -AR, -smart”.

Houve a necessidade de aplicar um refinamento para algumas *strings* de busca, pois alguns trabalhos retornados não estavam dentro do tema abordado nesta revisão. Foi necessário incluir “-*business*” para retirar trabalhos cujo tema estejam relacionados ao mundo dos negócios, pois está fora do escopo da revisão. Também foi necessário incluir “-*game*” para retirar trabalhos cujo tema estejam relacionados à jogos que não sejam apenas passeios virtuais, assim como foi necessário incluir “-AR” para retirar trabalhos cujo tema estejam relacionados à Realidade Aumentada, pois o foco deste trabalho é relacionar a Realidade Virtual Projetada. Ainda foi necessário incluir “-*smart*” para retirar trabalhos cujo tema estejam relacionados à *smart cities* (cidades inteligentes), haja vista que esta revisão trata de simulações em áreas urbanas. Este refinamento foi utilizado em mais bases científicas mencionadas a seguir.

Para a IEEE *Digital Library*, foram utilizadas 2 adaptações da *string*, resultando em 9 trabalhos encontrados, contemplando os dois idiomas pretendidos, demonstrada a seguir:

- Em Português → “(“Realidade Virtual” OR Virtualidade OR “Ambiente virtual” OR “Ambiente 3D”) AND (História OR “Resgate cultural”) AND (Educação) AND (Belém OR Cidade)”;
- Em Inglês → “(“virtual reality” OR virtuality OR “virtual environment” OR “3d environment”) AND (past OR antique OR “cultural heritage”) AND (education) AND (city)”.

Para *Science Direct*, foram utilizadas 2 adaptações de *strings*, resultando em 120 trabalhos encontrados, contemplando os dois idiomas pretendidos, demonstra a seguir:

- Em Português → “(“Realidade Virtual” OR Virtualidade OR “Ambiente virtual” OR “Ambiente 3D”) AND (História OR “Resgate cultural”) AND (Educação) AND (Belém OR Cidade)”;
- Em Inglês → “(“Virtual Reality” OR “Virtual Environment” OR “3D Environment” OR “Virtual Reconstruction”) AND (Past OR Antique OR “Cultural Heritage”) AND (Education) AND (City) -health, -medicine, -language, -commerce, -smart”.

Neste mecanismo da Science Direct, foi necessário incluir “-*health*” e “-*medicine*” para retirar trabalhos cujo tema estejam relacionados à saúde, estando fora do escopo da revisão, foi necessário incluir “-*commerce*” para retirar trabalhos com a mesma justificativa da ACM para “-*business*”, o termo “-*language*” foi incluído para retirar trabalhos que sobre literatura e idiomas antigos.

Para Scopus, foram utilizadas 2 adaptações de *strings*, resultando em 10 trabalhos encontrados, contemplando os dois idiomas pretendidos, demonstra a seguir:

- Em Português → “(“Realidade Virtual” OR Virtualidade OR “Ambiente virtual” OR “Ambiente 3D”) AND (História OR “Resgate cultural”) AND (Educação) AND (Belém OR Cidade)”;
- Em Inglês → “(“Virtual Reality” OR Virtuality OR “Virtual Environment” OR “3D Environment” OR “Virtual Reconstruction”) AND (Past OR Antique OR “Cultural Heritage”) AND (Education) AND (City)”.

Para CAPES, foram utilizadas 2 adaptações de *strings*, resultando em 27 trabalhos encontrados, contemplando os dois idiomas pretendidos, demonstra a seguir:

- Em Português → “(“Realidade Virtual” OR Virtualidade OR “Ambiente virtual” OR “Ambiente 3D”) AND (História OR “Resgate cultural”) AND (Educação) AND (Belém OR Cidade)”;
- Em Inglês → “(“Virtual Reality” OR Virtuality OR “Virtual Environment” OR “3D Environment” OR “Virtual Reconstruction”) AND (Past OR Antique OR “Cultural Heritage”) AND (Education) AND (City)”.

A pesquisa foi feita entre os meses de Julho e Setembro de 2023 utilizando, como método de organização a planilha do *Google* juntamente com o aplicativo *Escritha*, além de outras ferramentas para gerar as figuras gráficas que virão a seguir.

2.3.3 Critérios de inclusão e exclusão

Nesta seção, será o próximo passo para o delineamento dos critérios que serão aplicados rigorosamente para selecionar os estudos mais relevantes. Estes critérios de inclusão e exclusão são elaborados com base em princípios claros e justificados. Eles são projetados para garantir a precisão e a relevância da pesquisa, ao mesmo tempo que minimizam o risco de vies. Serão abordados aspectos como a adequação ao escopo da pesquisa, o período de publicação, a relevância idiomática e a natureza das aplicações em RV, educação e resgate histórico. A importância de uma definição precisa e transparente

desses critérios não pode ser subestimada. Eles constituem a base sobre a qual toda a revisão é construída e são essenciais para garantir que os estudos selecionados atendam aos objetivos da pesquisa. Na etapa de seleção dos trabalhos, todos os critérios de inclusão não foram obrigatoriamente atendidos, pois haveriam poucos trabalhos a serem analisados e trabalhos potencialmente relevantes poderiam ser excluídos.

A Tabela 2, apresenta os critérios escolhidos para restringir os estudos que possam ser aproveitados para o tema em questão. O critério **CI01** para artigos completos é relevante para obter informações mais completas sobre os temas abordados. Para o critério **CI02**, o intervalo temporal pretendido é de 2017 a 2022, pois entende-se que as pesquisas de 2023 sobre os temas ainda estão em formação e em processo de publicação, e não entrarão na pesquisa. Para o critério **CI03**, a seleção preocupou-se em incluir trabalhos que houvessem elementos de desenvolvimento de *software* qualquer. Para o **CI05** a seleção buscou encontrar trabalhos com preocupação em educação geral. O **CI06** busca filtrar os trabalhos educacionais com conteúdos de resgate histórico. Também, procurou-se buscar estudos que apresentassem protótipos digitais já consolidados em conjunto com dados quantitativos (critérios **CI04** e **CI07**).

Para a exclusão, os critérios **CE02** e **CE03** foram inseridos para retirar estudos que houvessem protótipos digitais, mas que não tivessem interatividade no ambiente virtual por parte do usuário. Já no critério **CE04**, a revisão ficou restrita aos idiomas em Português e Inglês, haja vista que são os idiomas de domínio deste pesquisador.

Tabela 2. Critérios de inclusão e exclusão.

Critérios de inclusão		Critérios de Exclusão	
CI01	Artigos completos	CE01	Artigo Curto
CI02	Últimos 5 anos (2017 a 2022)	CE02	Apenas modelagem
CI03	Trabalhos que apresentem detalhes de desenvolvimento	CE03	Foco em visualização de objetos
CI04	Que tenham protótipos digitais	CE04	Artigos que estejam em outros idiomas além de Português e Inglês
CI05	Foco em Educação	CE05	Artigos que não tenham, juntos, as combinações de termos “Realidade Virtual”, “História”, “Educação” e sinônimos
CI06	Com temas em Resgate Histórico		
CI07	Trabalhos que tenham resultados quantitativos		

Fonte: Autoria própria (2023)

2.3.4 Critérios para seleção dos estudos e identificação de qualidades

Esta seção aborda os critérios utilizados para determinar quais estudos serão incluídos na revisão, bem como as métricas para identificar a qualidade desses estudos.

Com base nas questões de pesquisa, na seção 2.3.1, e critérios de inclusão e exclusão, seção 2.3.3, a tabela 3 mostra os 3 critérios de qualidade com base nos estudos selecionados. Para cada critério foi atribuído o valor de 1 ponto, somando-se a nota máxima de 4 pontos para o estudo avaliado. Os dados compilados estão dispostos na seção 2.4.1.

Tabela 3. Critérios de qualidade.

Código	Descrição
CQ1	Utiliza realidade virtual?
CQ2	O tema do trabalho é sobre preservação histórica?
CQ3	O trabalho apresenta a metodologia de desenvolvimento da aplicação?

Fonte: Autoria própria (2023)

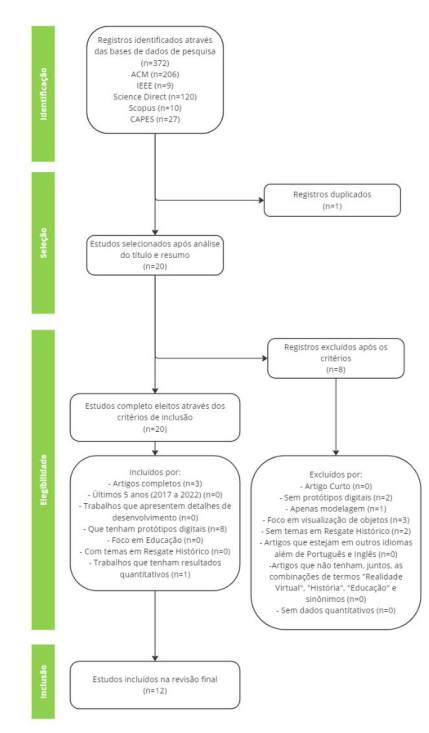
1. **Utiliza realidade Virtual:** Este foi o primeiro critério de qualidade a ser adotado,

pois entende-se ser um dos pilares desta revisão;

2. **O tema do trabalho é sobre preservação histórica:** Este critério segue os mesmos princípios dos anteriores como sendo mais um dos pilares desta revisão, contudo este critério de qualidade se diferencia do conceito do CI06, pois se preocupa na manutenção da memória histórica;
3. **O trabalho apresenta metodologia de desenvolvimento da aplicação:** Este critério foi adotado para encontrar estudos que apresentem metodologias para a criação de protótipos e aplicações digitais, cujo cerne desta revisão é avaliar o estado da arte do desenvolvimento das aplicações, inclusive.

Utilizando o modelo do diagrama PRISMA (HADDAWAY et al., 2022), expõe-se o fluxo das etapas do processo de seleção dos estudos com o intuito de escolher os trabalhos mais relevantes para a pesquisa. A figura 1, criada no aplicativo Miro⁴ mostra tal fluxo.

Figura 1. Fluxo PRISMA para seleção dos trabalhos(CAMARGO et al., 2021)



Fonte: Autoria própria (2023)

A figura 2, mostra o número de trabalhos aceitos dentro dos critérios de inclusão, contudo 3 critérios obtiveram algum dado. “Trabalhos que tiveram resultados quantitativos” obteve 1 estudo (A4)⁵ com 8,3% do total, “Artigos completos” obteve 3 estudos (A1, A2,

⁴ Miro - (MIRO, 2019)

⁵ Estes estudos estão listados na tabela 4 vista adiante.

e A3) com 25% do total e “Que tenham protótipos digitais” obteve 8 estudos (A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11 e A12) com 66,7% do total.

Figura 2. Trabalhos aceitos após critérios de inclusão.



Fonte: Autoria própria (2023)

A figura 3, mostra o número de trabalhos rejeitados após os critérios de exclusão, com 4 critérios alimentados. “Apenas modelagem” obteve 1 estudo com 12,5% do total, “Sem protótipos digitais” obteve 2 estudos com 25% do total, e “Foco na visualização de objetos” com 37,5% do total.

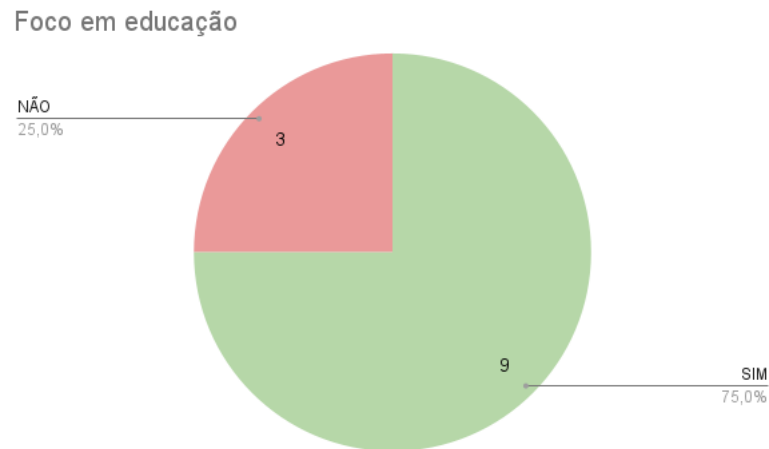
Figura 3. Trabalhos rejeitados após critérios de exclusão.



Fonte: Autoria própria (2023)

A figura 4 mostra a distribuição dos estudos que tem o foco em educação de acordo com os critérios de inclusão. Trabalhos que não focam em educação obtiveram 3 estudos (A2, A4 e A7) com 25% do total, e os trabalhos que tem o foco em educação obtiveram 9 estudos (A1, A3, A5, A6, A8, A9, A10, A11 e A12) com 75% do total.

Figura 4. Trabalhos com foco em educação.



Fonte: Autoria própria (2023)

A figura 5 mostra os trabalhos que possuem metodologia de desenvolvimento para a criação de uma aplicação em sua descrição, conforme os critérios de inclusão. Trabalhos que não possuem alguma metodologia foram 5 (A2, A3, A4, A5 e A8), com 41,7% do total, e os trabalhos que tiveram alguma metodologia foram 7 (A1, A6, A7, A9, A10, A11 e A12), com 58,3% do total.

Figura 5. Estudos que possuem alguma metodologia de desenvolvimento após os critérios de inclusão.



Fonte: Autoria própria (2023)

Quanto a o item “Resgate Histórico”, 100% dos estudos aceitos analisados tem este tema como principal abordagem, apesar destes não serem classificados dentro dos critérios de inclusão. Após a seleção, a tabela 4 apresenta a relação dos trabalhos filtrados para o início das análises.

Tabela 4. Relação de trabalhos selecionados após os critérios de inclusão.

Identificador	Título do trabalho
A1	RestoreVR: Generating Embodied Knowledge and Situated Experience of Dunhuang Mural Conservation via Interactive Virtual Reality
A2	Research on the Display of Material Cultural Heritage with the Use of VR Animation: A Case Study of the Carved Stone Generals in Ming Xiaoling Mausoleum
A3	The Effects of VR Environments on the Acceptance, Experience, and Expectations of Cultural Heritage Learning
A4	Improving Accessibility to Intangible Cultural Heritage Preservation Using Virtual Reality
A5	A Conceptual Framework for Designing Virtual Heritage Environment for Cultural Learning
A6	Experiences of Knowledge Transfer on Industrial Heritage Using Games, Storytelling, and New Technologies: “A History of Enterprises”
A7	Modelling of the Prophet Mosque in Virtual Reality
A8	Egyptian archaeology in multiple realities: Integrating XR technologies and museum outreach
A9	Low-cost development of an interactive, immersive virtual reality experience of the historic city model stade 1620
A10	Segeberg 1600-reconstructing a historic town for virtual reality visualisation as an immersive experience
A11	Learning History Using Virtual and Augmented Reality
A12	A Framework to Design, Develop, and Evaluate Immersive and Collaborative Serious Games in Cultural Heritage

Fonte: Autoria própria (2023)

2.3.5 Detalhamento dos trabalhos selecionados

O detalhamento dos trabalhos utilizando a ferramenta *Escrita*, foram identificados e extraídos dos estudos as seguintes informações: o país publicador, continente afiliado e os itens mais importantes de análise, que foram divididos em:

a) **Objetivo:** Este item refere-se aos objetivos e metas do estudo a ser avaliado. Foram levados em consideração a existência no texto e a integração dos objetivos com os demais itens abaixo;

b) **Metodologia:** Este item refere-se à metodologia, procedimentos, resultados,

limitações e conclusões do estudo a ser avaliado. Foram levados em consideração existência no texto e a integração da metodologia com os materiais utilizados descritos nos itens c), d), e), f) e g);

c) **Protótipo/Aplicação:** Este item refere-se somente à existência de um protótipo/aplicação digital nos quais justifica-se esta revisão;

d) **Motor de jogos utilizado:** Também chamadas de *game engines*, este item refere-se à existência de alguma ferramenta ou técnica de desenvolvimento para interatividade do usuário, além da identificação de cada ferramenta (PAVKOV; FRANKOVIC; HOIC-BOZIC, 2017);

e) **Programas auxiliares:** Este item refere-se à existência de alguma ferramenta auxiliar de desenvolvimento como áudio, texturas, efeitos visuais, integrações ou *websites*, além da identificação de cada ferramenta. Entende-se que, para esta revisão, existe uma maior preocupação com as ferramentas principais de criação visual e interatividade para o usuário final;

f) **Programas de Modelagem 3D:** Este item refere-se à existência de alguma ferramenta de modelagem 3D utilizada no ambiente virtual do estudo, além da identificação de cada ferramenta. Conforme TORI; HOUNSELL (2020), a modelagem 3D é o processo de desenvolvimento de uma representação matemática de qualquer superfície de um objeto em três dimensões e que pode ser obtida utilizando uma ferramenta própria para este fim;

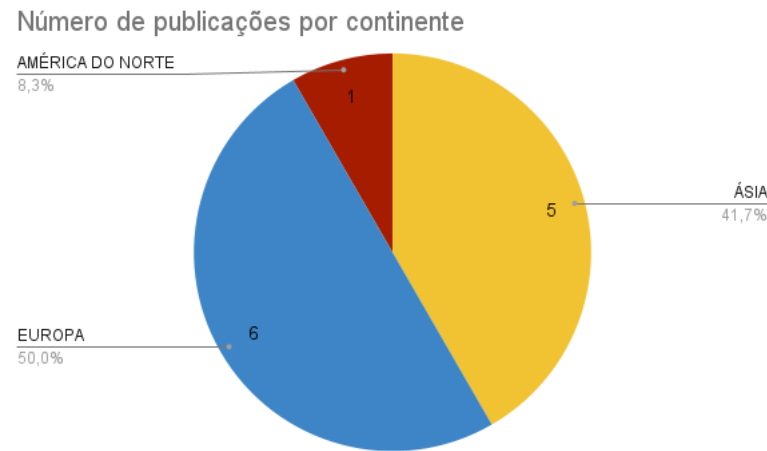
g) **Dispositivos de RV (VR Devices) utilizados:** Este item refere-se à existência de algum dispositivo para visualização da realidade virtual utilizada no estudo, além da identificação de cada dispositivo;

2.3.6 Extração e sintetização dos dados

A extração e síntese dos dados constituem um estágio importante em uma revisão sistemática, onde as informações coletadas de estudos selecionados são transformadas em conhecimento significativo e útil. Nesta seção, será explorada a forma como os dados relevantes são identificados, extraídos e organizados, visando responder às questões de pesquisa e atender aos objetivos desta revisão.

A figura 6 exibe a contabilidade da origem dos trabalhos aceitos, mostra onde as pesquisas foram feitas dentre os continentes. Portanto, a América do Norte obteve 1 estudo (A8) com 8,3% do total, a Ásia obteve 5 estudos (A1, A2, A3, A5 e A7) com 41,7% do total, e na Europa obteve 6 estudos (A4, A6, A9, A10, A11 e A12) com 50% do total dos estudos aceitos para esta revisão.

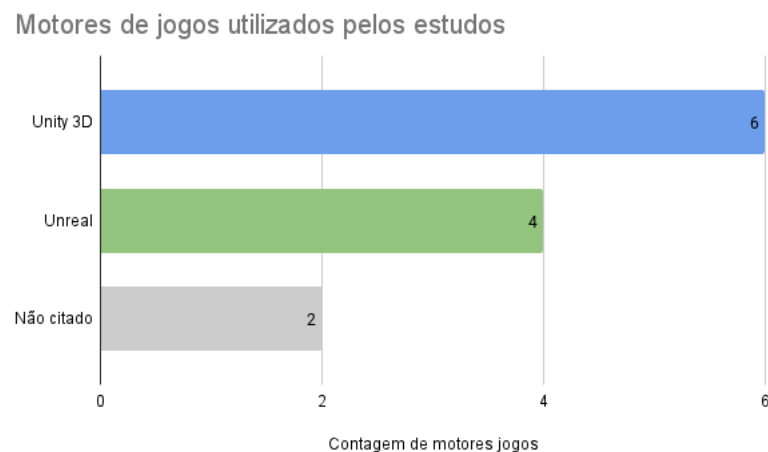
Figura 6. Contagem de estudos aceitos por continentes de origem.



Fonte: Autoria própria (2023)

A figura 7 mostra a distribuição dos motores de jogos utilizados nas aplicações dos estudos selecionados pela revisão. Nas análises dos trabalhos foram identificados, 2 estudos (A6 e A8) que não citaram *game engines*, 4 estudos (A2, A3, A9 e A10) utilizaram a *engine* Unreal⁶ e 6 trabalhos (A1, A4, A5, A7, A11 e A12) utilizaram *engine* Unity 3D⁷.

Figura 7. Distribuição de motores de jogos por estudos.



Fonte: Autoria própria (2023)

A figura 8 mostra os programas que auxiliaram o desenvolvimento das aplicações e protótipos. Em 6 estudos (A1, A5, A6, A7, A11 e A12) não houveram registros, em 3 estudos (A2, A3 e A4) fizeram uso do “*Photoshop*”⁸, “*Dreaming the Sphinx*”⁹ (A8),

⁶ Unreal Engine - (ENGINE, 2019)

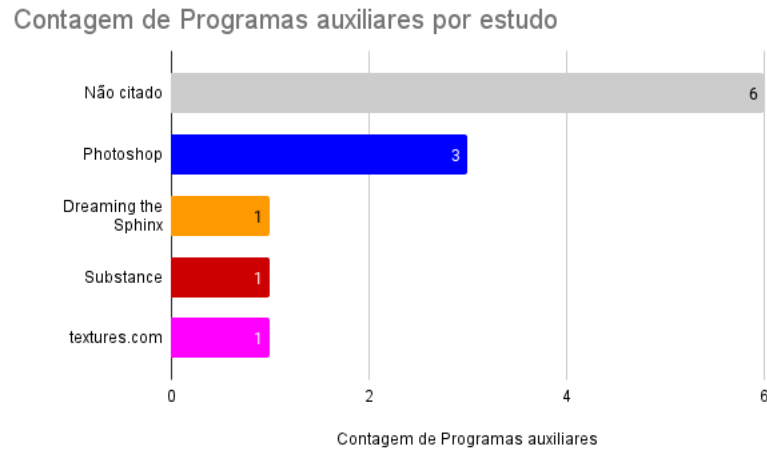
⁷ Unity 3D - (TECHNOLOGIES, 2019)

⁸ Adobe Photoshop - (ADOBE, 2024a)

⁹ Dreaming the Sphinx - (DIGITAL, 2021)

“*Substance*”¹⁰ (A9) e o *website* “*texture.com*”¹¹ (A10) estiveram presentes em 1 estudo cada um.

Figura 8. Programas auxiliares utilizados nos estudos selecionados.



Fonte: Autoria própria (2023)

A figura 9 mostra os programas e técnicas de modelagem 3D utilizados nos estudos selecionados nesta revisão. Em apenas um estudo (A5), não houve registro e os programas “*Zbrush*”¹², “*Sketch Up*”¹³, “*Lumion 3D*”¹⁴ e “*AutoCAD*”¹⁵ apareceram em um estudo cada (A2, A4, A7 e A10). O programa “*3D Studio*”¹⁶ apareceu em 4 estudos (A7, A10, A11 e A12), o programa “*Blender*”¹⁷ foi citado em 4 estudos (A3, A4, A6 e A8) e o programa “*Maya*”¹⁸ foi citado em 4 estudos (A2, A4, A8 e A9).

A técnica de fotogrametria, que é a verificação das condições de construção existentes, incluindo suas dimensões, materiais e estado, nos quais são realizadas comumente através de levantamentos de campo que utilizam câmeras digitais, fitas métricas e/ou dispositivos de medição a laser (DEZEN-KEMPTER et al., 2015) foi citada em 6 estudos (A1, A3, A4, A6, A8, A9 e A10). Contudo esta técnica não é classificada como uma ferramenta de modelagem, mas como captura de dados para a modelagem 3D.

¹⁰ Adobe Substance -(ADOBE, 2024c)

¹¹ Texture.com - (TEXTURES.COM, 2019)

¹² Zbrush - (MAXON, 2024)

¹³ Sketch Up - (SKETCHUP, 2024)

¹⁴ Lumion 3D - (LUMION, 2018)

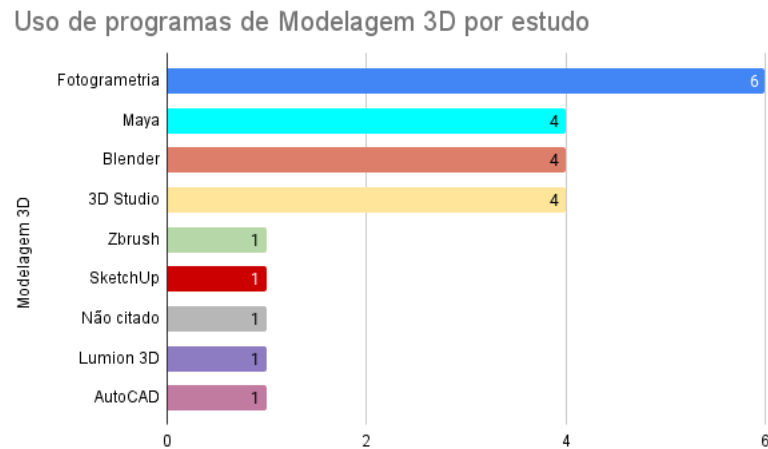
¹⁵ AutoCAD - (AUTODESK, 2018)

¹⁶ 3D Studio - (AUTODESK, 2021)

¹⁷ Blender - (BLENDER, 2024)

¹⁸ Maya - (AUTODESK, 2017)

Figura 9. Distribuição de programas de modelagem 3D nos estudos selecionados.



Fonte: Autoria própria (2023)

A figura 10 mostra a distribuição dos dispositivos e técnicas de visualização 3D de realidade virtual projetada. Houveram 3 estudos (A2, A5 e A4) que não citaram os dispositivos mesmo apresentando as aplicações. O trabalho A4 utilizou PC (computadores pessoais) e um dispositivo de RV não citado, então este terá seus dados contados tanto para Não citado quanto PC. O dispositivo “*Homido mini VR Glasses*”¹⁹ foi citado em 1 estudo (A8), o dispositivo “*Oculus*”²⁰ foi citado em 2 estudos (A6 e A12), o dispositivo PC foi citado em 2 estudos (A4 e A7), *Smartphone* (celulares atuais) foi citado em 3 estudos (A6, A8 e A11), o dispositivo “*HTC Vive*”²¹ foi citado em 4 estudos (A1, A3, A9 e A10).

A técnica de *videomapping*, como uma tecnologia multimídia que é usada para projetar luz ou vídeo em volumes, tendo sido rapidamente adotada pelas cenas audiovisuais, sendo o assunto de muitos shows ao ar livre (WATIER, 2018), foi citada em 1 estudo (A6).

Apesar de “*Merge Cube AR*”²² não ser um dispositivo de projeção, ele foi citado em 1 estudo (A8) para auxiliar a visualização através de dispositivos móveis como *smartphones* e *tablets*, porém a técnica utilizada foi a Realidade Aumentada (RA), que consiste em um sistema que complementa o ambiente real com elementos virtuais, ocorrendo uma interação simultânea entre eles, sobressaindo os objetos reais. A RA assume o mundo real como base, e há uma inserção de elementos virtuais para complementá-lo (SILVA et al., 2022), e está fora da proposta desta revisão.

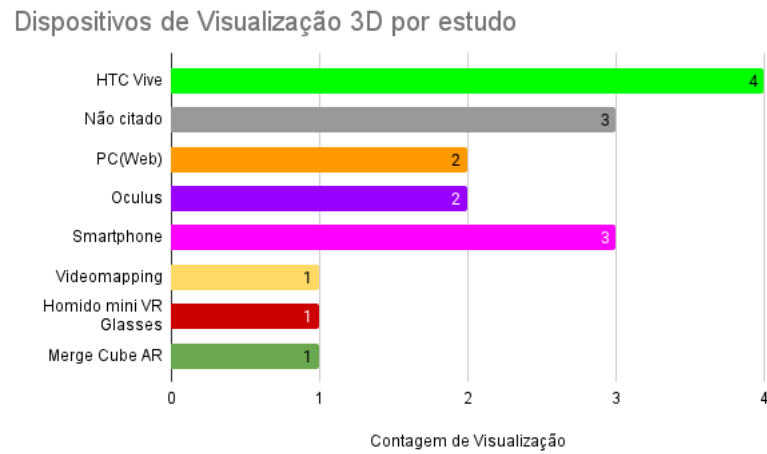
¹⁹ *Homido mini VR Glasses* - (HOMIDO, 2021)

²⁰ *Oculus* - (QUEST, 2024)

²¹ *HTC Vive* - (HTC, 2024)

²² *Merge Cube AR* - (EDU, 2024)

Figura 10. Distribuição de dispositivos e técnicas de visualização 3D por estudo.



Fonte: Autoria própria (2023)

A figura 11 apresenta uma nuvem de palavras com a relevância das palavras-chaves inseridas em todos os artigos incluídos e excluídos. Percebe-se uma grande relevância nas palavras, nos quais os resultados foram extraídos de 81 palavras: 19 repetições para “*Virtual*”, 11 repetições para “*Heritage*”, 11 repetições para “*Reality*”, 9 repetições para “*Cultural*” e 3 repetições para “*Digital*”. Ao fundo da figura, é mostrada a logomarca do projeto Vintage Car fazendo composição com as palavras. A figura 11 foi gerada no *website Wordclouds*²³.

²³ *Wordclouds* - (WORDCLOUDS.COM, 2019)

2.4.1 Resultado da avaliação da qualidade

Os resultados apresentados nesta seção, estão relacionados com a seção 2.3.4 deste estudo. Pode-se perceber na figura 12 que, dos estudos selecionados, não houveram trabalhos cuja a somatória dos pesos chegassem em 1.

Figura 12. Qualidade dos estudos selecionados.



Fonte: Autoria própria (2023)

Ao analisar estes resultados, nota-se que a qualidade dos estudos devem auxiliar na qualidade de futuros trabalhos que nele possam se basear. Os pesos utilizados foram:

I - Peso 1 (CQ1) - A utilização da realidade virtual no estudo (1 ponto);

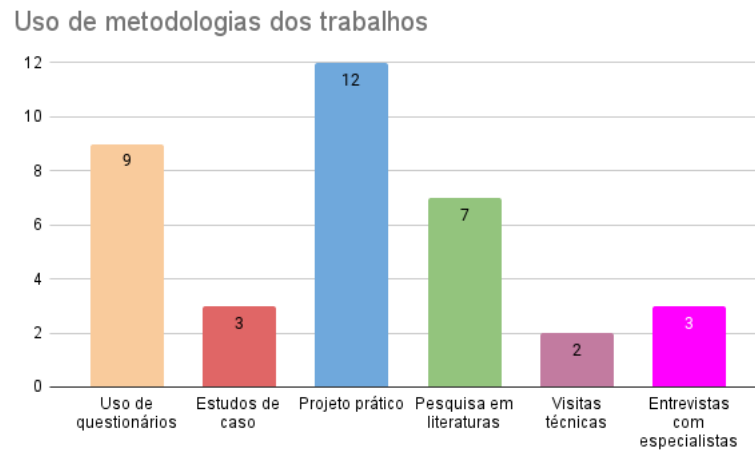
II - Peso 2 (CQ2) - O tema do trabalho deve ter o tema em preservação histórica (1 ponto);

III - Peso 3 (CQ3) - O trabalho deve apresentar metodologia de desenvolvimento da aplicação RV (1 ponto).

Na somatória dos pontos, não houve pontuação para o item I. Contudo, houve pontuação nos demais itens: 6 para II e 6 para III.

Durante os resultados da análise, foram percebidos 6 tipos de metodologias utilizadas nos estudos. A distribuição dos estudos pode ser visualizada na figura 13 da seguinte forma: **Projeto prático** com 12 estudos (todos), **Uso de questionários** com 9 (A1, A2, A3, A4, A5, A6, A8, A11 e A12) estudos, **Pesquisa em literaturas** com 7 estudos (A2, A5, A7, A9, A10, A11 e A12), **Estudos de caso** com 3 estudos (A1, A11 e A12), **Entrevista com especialistas** com 3 estudos (A5, A6 e A12), e **Visitas técnicas** com 2 estudos (A2 e A9).

Figura 13. Distribuição de metodologias utilizadas nos estudos aceitos.



Fonte: Autoria própria (2023)

2.4.2 Comparações críticas

Esta revisão utilizou-se da organização auxiliada em planilhas para inserir em tabelas as principais características dos estudos e realizar suas comparações. A primeira característica a ser avaliada foi a metodologia, seguida pelo resultado, limitações e conclusões/discussões.

No que refere-se às metodologias, todos os estudos selecionados fizeram uso de projetos práticos, o que confirma que 100% dos estudos tiveram em seu texto citações de protótipos avaliados. Em apenas dois estudos, WALMSLEY; KERSTEN (2019) e DEGGIM et al. (2017), não citaram a coleta de informações através de questionários (Figura 13). O uso de questionários nos estudos ampliaram a visão dos pesquisadores no que tange às aplicações em RV com educação e preservação histórica. Alguns questionários foram aplicados de forma *online*, de acordo com FU et al. (2020) que aplicou desta forma para ampliar e diversificar o público do experimento, pela eficiência da coleta, conveniência e anonimato dos participantes.

FU et al. (2020); REMOLAR; REBOLLO; FERNÁNDEZ-MOYANO (2021) e ANDREOLI et al. (2018) citaram a utilização de estudos de caso dentro da metodologia, sendo que Fu et al. (FU et al., 2020) foram auxiliados por especialistas em restauração de murais e artefatos históricos. REMOLAR; REBOLLO; FERNÁNDEZ-MOYANO (2021) utilizaram diferentes abordagens para o mesmo tema, tais como RV, RA e Realidade Mista (RM), na qual a RM estaria localizada entre a RV e RA. Em sua definição original, qualquer tela que mostrasse um misto de imagens reais e virtuais seria uma tela de realidade mista (RIBEIRO et al., 2023).

Em contrapartida, ANDREOLI et al. (2018) baseou-se em Jogos Sérios (JS), que

destacam-se pela busca intencional de resultados de aprendizado mensuráveis. Os JSs são aplicações interativas desafiadoras, divertidas e educacionais, refletindo o interesse do jogador por temas em que ele possa aprender ou refletir sobre algum assunto (MENDES et al., 2022), para o estudo de caso.

Quanto às pesquisas em literaturas, todos os estudos fizeram suas revisões ou citaram estudos anteriores nos artigos. Contudo, 7 estudos (A2, A5, A7, A8, A10, A11 e A12) declararam explicitamente que utilizaram pesquisas em literaturas de alguma forma, por exemplo XINGKE; YANG (2020) utilizaram referências de estilos artísticos, figuras de pedra talhada e detalhes de construções da época pesquisada. ABIDIN; RAZAK (2019) utilizaram descrições de documentos antigos e imagens da internet para obter referências visuais, WALMSLEY; KERSTEN (2019); DEGGIM et al. (2017) fizeram uso de documentos técnicos como plantas baixas de construções e desenhos históricos para criar modelos virtuais.

Alguns estudos, para confirmar detalhes e dados das pesquisas, fizeram visitas presenciais aos locais. Em 2 estudos (A2 e A9) foram citadas as visitas com registros ou acompanhadas por especialistas. WALMSLEY; KERSTEN (2019) fizeram visitas ao local para obter informações sobre construções e confirmar dados. XINGKE; YANG (2020) cujo estudo torna-se mais visual, fizeram visitas acompanhadas com especialistas para medições precisas e registraram através de fotos suas coletas de dados.

Como já citado, especialistas foram utilizados para ajudar no processo de desenvolvimento de modelos e protótipos. Três estudos descreveram esta etapa, IBRAHIM; ALI (2018), na etapa de estudo 1, fizeram a seleção de especialistas com base e competência relevantes ao tema, posteriormente no estudo 4, o protótipo desenvolvido foi avaliado por estes especialistas nos quais discutiram as informações presentes e contribuíram para melhorar o protótipo. LOPEZ; CRUZ (2021) utilizaram entrevistas antigas com especialistas para compor o estudo, haja vista que estes vivenciaram a época do objeto do estudo. Um ponto a ser destacado é em ANDREOLI et al. (2018), no qual utilizou uma metodologia autoral chamada FRACH²⁴ (A12), em que passa pela concepção, projeto e avaliação de jogos sérios com foco em patrimônio cultural. O principal objetivo desta metodologia é guiar especialistas envolvidos no projeto.

Os autores também utilizaram o teste de Shapiro-Wilk, em que foi usado para verificar a distribuição das variáveis dependentes. ANDREOLI et al. (2018) e SELMANOVIC et al. (2020) mostraram que as análises dos dados incluíram técnicas estatísticas como teste de alfa de Cronbach para checar a confiabilidade dos questionários. SELMANOVIC et al. (2020) utilizou o método do Qui-quadrado para determinar a diferença estatística entre os resultados de dois grupos de participantes, também utilizou o modelo UTAUT (*Unified Theory of Acceptance and Use of Technology*) para explicar a aceitação e uso de

²⁴ FRACH - (ANDREOLI et al., 2018)

uma tecnologia, que busca avaliar Expectativa de Desempenho, Expectativa de Esforço, Influência Social e Condições Facilitadoras. Os resultados quantitativos e qualitativos do estudo de CH'NG et al. (2020) revelam que a aplicação de tecnologias imersivas e interativas, como a RV, na educação do patrimônio cultural, pode efetivamente atrair visitantes e alterar a percepção deles sobre a importância da indústria na formação da identidade e da cultura da cidade.

Quanto às conclusões e discussões dos estudos, 5 estudos (A1, A3, A4, A11 e A12) citaram a possibilidade de trabalhos futuros para continuidade das pesquisas. FU et al. (2020) concluíram que o sistema melhorou significativamente a experiência dos usuários em RV, aumentou sua conscientização sobre a proteção do patrimônio cultural e foi eficaz na transmissão de conhecimento. Além disso tem a pretensão em melhorar a aquisição de conhecimento e retenção, melhorar as interações ambíguas, acrescentar o compartilhamento de conteúdo nas redes sociais e criar *brandings* e *souvenirs* para os visitantes que utilizam o sistema no local.

DEGGIM et al. (2017) observaram que os alunos do grupo tecnológico estavam mais entusiasmados com o aprendizado e se envolveram mais profundamente com o material, provavelmente devido à natureza imersiva e interativa do videogame. CH'NG et al. (2020) concluem que existe uma variabilidade na maneira como os participantes com conhecimento prévio (e os sem conhecimento) lidam e interpretam a experiência em RV; a maioria dos usuários não notou irregularidades nem assumiu que as informações fornecidas eram incorretas. Mesmo assim, alguns participantes, com base em seu conhecimento geral da história, corretamente apontaram imprecisões, tal como a casa e o leão de pedra não serem do mesmo período histórico e que as árvores do quintal não eram espécies nativas. Não foram observados efeitos significativos na aceitação, na experiência e nas expectativas do aprendizado do patrimônio cultural mediado por ambientes virtuais.

As sugestões para futuras pesquisas incluem o design de uma experiência de RV mais pedagogicamente orientada, ao invés de um ambiente puramente exploratório. Também é sugerido que mais estudos concentrem-se na comparação entre diferentes técnicas de visualização de RV e de não-RV para melhor compreender o valor didático da RV, foram identificadas potenciais oportunidades para futuras pesquisas para explorar a ampliação da experiência de RV para aumentar o envolvimento com o patrimônio cultural. Também sugere-se a necessidade de futuras experiências com diferentes configurações, conteúdo e público para maximizar a eficácia da RV como uma ferramenta de educação patrimonial.

SELMANOVIC et al. (2020) concluem que com a ideia de que experiências de RV podem ser eficazes para melhorar o acesso e a preservação do patrimônio cultural intangível. A pesquisa sugere que a percepção dos usuários da eficácia das ações realizadas foi impactada de forma significativa pela experiência RV, embora a eficiência percebida não tenha sido afetada. Incluir elementos baseados em física, como animações de tempo

em ambientes, alguns modelos poderiam ser animados, possibilidade de medir respostas biométricas e emocionais dos participantes, criação de banco de dados de captura de movimentos de mergulhos para experimentar novas perspectivas.

REMOLAR; REBOLLO; FERNÁNDEZ-MOYANO (2021) concluíram que o experimento educacional com jogo foi bem sucedido, pois os usuários tiveram motivações para utilizar o sistema, prestaram mais atenção aos detalhes e retiveram mais conhecimento. Já o grupo tradicional estava mais desmotivado e os conceitos aprendidos eram menores. Eles também dizem que querem acrescentar novas construções e interiores com mais rigor histórico. Também querem propor novas formas de aprendizado, incluir técnicas de gamificação para engajar alunos, incluir formas de interação com outros usuários e talvez competições entre eles. Por fim querem coletar mais dados e mais investigações. Para ANDREOLI et al. (2018) a metodologia FRACH provou ser eficaz na concepção, projeto, implementação e avaliação de jogos sérios no contexto do patrimônio cultural. Citam trabalhos futuros para avaliação de outros micro aprendizados e outras qualidades como colaboração funcional entre os usuários.

Outros autores destacaram pontos importantes em suas conclusões, como IBRAHIM; ALI (2018) que identificam 4 fatores-chaves que contribuem para a eficácia de ambientes em RV: 1) Design de Informação, 2) Apresentação de Informação, 3) Mecanismo de Navegação e 4) Configuração de Ambiente. LOPEZ; CRUZ (2021) dizem que as aplicações de tecnologias imersivas e interativas, como a RV, na educação do patrimônio cultural, podem efetivamente atrair visitantes e alterar a percepção deles sobre a importância da indústria na formação da identidade e da cultura da cidade.

ABIDIN; RAZAK (2019) dizem que o trabalho em RV proposto por eles tem potencial para aplicação em turismo de patrimônio, especialmente para os milhões de peregrinos que visitam a cidade estudada anualmente. O plano inclui a integração de informações históricas e contextuais com o modelo, utilizando dispositivos móveis, como telefones e *tablets*. ZAIA; ROSE; MAJEWSKI (2022) falam que as versões virtuais dos artefatos em seu projeto não substituem os originais, mas oferecem experiências alternativas que enriquecem o aprendizado de maneira única. O uso de tecnologias Realidade Mista (RM) aprimorou a experiência dos visitantes, aumentou o envolvimento do público e estimulou memórias importantes no processo de aprendizado. Embora essas experiências não substituam permanentemente as visitas presenciais, elas têm a vantagem de alcançar um público geograficamente mais amplo.

Para WALMSLEY; KERSTEN (2019), espera-se que o processo de trabalho do estudo possa ser aplicado e refinado em projetos similares no futuro, tornando possível criar experiências de RV detalhadas e imersivas com eficiência. DEGGIM et al. (2017) dizem que há necessidade de expansão do conteúdo com elementos interativos, como menus de informações, vídeos e desafios, seguindo o conceito de gamificação. Também consideram

combinar este modelo com versões de Segeberg (objeto do estudo) de diferentes épocas para criar uma experiência 4D do desenvolvimento urbano ao longo dos séculos. Outras ideias englobam a implementação de um sistema *multiplayer*²⁵, melhorias gráficas com texturas de alta resolução, mapas normais e de deslocamento, bem como otimizações de desempenho.

2.4.3 Lacunas existentes

Durante a análise dos estudos, foram identificados 3 trabalhos (A1, A3 e A4) que citaram lacunas ou limitações na pesquisa, e 9 sem informações explícitas (A2, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12), mas que é possível identificar alguma lacuna. FU et al. (2020) identificaram lacunas como performance do sistema; desenho de operações como, por exemplo a utilização da lupa; geração de conhecimento incorporado, pois houve a percepção de aprimorar a geração de conhecimento incorporado para melhorar a aquisição e retenção; melhoria de interações ambíguas, pois alguns recursos não eram intuitivos para os usuários; desenvolvimento de design atraente, pois é necessário implementar designs mais atraentes e divertidos para melhorar a taxa de retenção dos usuários; e abordagem universal do método, haja vista que o método utilizado não foi especificamente desenvolvido para o estudo em questão, mas sim qualquer outro *website* de patrimônio cultural que precisa popularizar o conhecimento especializado para o público. CH'NG et al. (2020) citam o tamanho da amostra, questões culturais e históricas imprecisas apontadas pelos participantes, falta de conhecimento prévio por parte dos participantes, configuração do software e hardware do experimento limitado ao laboratório e generalização dos resultados e públicos específicos. SELMANOVIC et al. (2020) sugerem em seu estudo a aplicação de sons de acústica em 360° para imagens 360 no projeto, e separar em grupos demográficos ao invés de agrupar para análise de conhecimento dos participantes.

Devido ao fato de alguns estudos não colocarem explicitamente suas limitações, no geral é comum em estudos com questionários e protótipos testáveis, que as limitações possam incluir tamanho e diversidade da amostra, limites da tecnologia utilizada, e a aplicabilidade dos resultados além do contexto específico do estudo. No trabalho de XINGKE; YANG (2020), apesar do trabalho não deixar clara a limitação do estudo, algumas possíveis limitações poderiam incluir a confiabilidade do questionário como instrumento de coleta de dados, a representatividade da amostra de 100 pessoas selecionadas aleatoriamente para a pesquisa, a precisão da digitalização e restauração das estátuas, e a qualidade e realismo da animação em realidade virtual.

ZAIA; ROSE; MAJEWSKI (2022) destacam-se: 1) Coleta de dados, no qual foi feita uma tentativa inicial de coletar metodicamente as respostas dos visitantes, mas a natureza do evento em que a aplicação estava disponível, impediu a coleta sistemática de

²⁵ Multiplayer - (RAITH et al., 2021)

dados. Em vez disso, as perguntas foram incluídas durante a explicação da experiência RM, sem gravação sistemática dos dados. Isso poderia limitar a quantidade e a qualidade dos dados coletados. 2) Recursos financeiros, pois a manutenção de tecnologias de interface pública virtual requer consideração sobre requerimentos de trabalho e financeiros. Se esses aspectos não são adequadamente considerados, pode representar uma limitação para a execução adequada do estudo. 3) Treinamento, pois se o treinamento dos facilitadores não for adequado, poderia limitar a eficácia da aplicação da tecnologia. 4) Amostragem, pois a generalização dos resultados pode ser limitada, dado que o estudo foi realizado em um evento específico em um ambiente específico, neste caso, os museus da Universidade de Harvard. 5) *Hardware* e *Software*, pois aplicativos pagos poderiam limitar a capacidade de alguns visitantes de utilizar plenamente a experiência da tecnologia RM.

WALMSLEY; KERSTEN (2019) afirmam que uma das limitações no estudo foi a necessidade de limitar as texturas dos edifícios a um único mapa de textura de resolução 4K, gerar quatro modelos LOD (*Level-of-Detail*) para cada malha e projetar o ambiente para reduzir o número de edifícios visíveis em cada *frame* (quadro de imagem).

2.5 Trabalhos Relacionados

Para complementar os achados da Revisão Sistemática da Literatura (RSL), que se concentrou na produção acadêmico-científica, esta seção dedica-se à análise de trabalhos relacionados de natureza distinta. As aplicações aqui selecionadas não emergiram do conjunto de artigos da RSL, mas sim de um levantamento de produtos comerciais e experiências interativas de ampla divulgação. O critério de escolha foi identificar práticas de mercado que, embora não sejam pesquisas acadêmicas, materializam de alguma forma conceitos-chave para o desenvolvimento do protótipo, como o resgate histórico, a simulação veicular e as mecânicas de interação em Realidade Virtual (RV). O objetivo desta seção é, portanto, conectar a teoria e as lacunas identificadas na RSL com a prática observada em produtos consolidados, justificando as decisões de *design* e estabelecendo um paralelo entre o estado da arte acadêmico e o estado da prática no mercado.

2.5.1 1943 Berlin Blitz

1943 Berlin Blitz²⁶ (figura 14) é uma exibição em realidade virtual (VR) em câmera 360 graus, desenvolvido pela BBC *Northern Ireland and Immersive VR Education*, em parceria com a BBC VR Hub. Esta interação transporta os jogadores para uma recriação imersiva de um bombardeio aéreo realizado pela *Royal Air Force* (RAF) sobre Berlim durante a Segunda Guerra Mundial, em 1943. O objetivo da visualização é proporcionar uma experiência histórica autêntica e educacional, permitindo que os jogadores vivenciem

²⁶ 1943 Berlin Blitz - (BBC, 2018)

um evento histórico significativo através da perspectiva de um repórter de guerra, extraído dos arquivos da BBC. Esta experiência não utiliza interações de comandos, mas sim apenas visualização e sons. Este produto é utilizado como referência neste projeto como forma de resgate histórico dentro de um contexto real e não-fictício. Tal abordagem se conecta ao objetivo do **Vintage Car** de priorizar a veracidade do conteúdo e o potencial de imersão para fins de aprendizado.

Figura 14. Imagem da simulação 1943 Berlin Blitz.



Fonte: BBC (2018)

2.5.2 Assassin's Creed: Odyssey

Assassin's Creed: Odyssey²⁷ (figura 15) é um jogo de ação e aventura desenvolvido pela Ubisoft, lançado em 2018. Parte da série Assassin's Creed, o jogo se passa na Grécia antiga durante a Guerra do Peloponeso, entre 431 e 422 a.C. Os jogadores assumem o papel de Alexios ou Kassandra, mercenários de descendência espartana, em uma jornada para desvendar a verdade sobre sua herança familiar e influenciar os eventos da guerra. O jogo oferece um vasto mundo aberto que recria a Grécia Antiga em muitos detalhes. Cidades icônicas como Atenas e Esparta, além de diversas ilhas, são recriadas com base em pesquisas históricas e arqueológicas. Este produto é utilizado como referência neste projeto como forma de resgate histórico através da aplicação de detalhes visuais em textos na tela, de forma integrada e didática, sendo uma referência para a mecânica de obtenção de informações neste projeto. Ainda nesta série de jogos, a mesma empresa lançou no ano de 2017 o jogo Assassin's Creed: Origins, ambientada no antigo Egito e trouxe o modo *Discovery Tour* (Tour de descoberta, em tradução livre) como uma DLC

²⁷ Assassin's Creed: Odyssey - (UBISOFT, 2020)

(*Downloadable Content*) em 2018. De acordo com FILHO; OLIVEIRA (2019), esta DLC gratuita oferece uma nova experiência de exploração do jogo, estruturada como um museu virtual, organizada em cinco temas principais: cotidiano, Egito, pirâmides, romanos e Alexandria. Cada tema traz uma variedade de informações sobre o Egito Antigo, incluindo sua divisão histórica, escrita hieroglífica, religiosidade, costumes diários, práticas como mumificação, o Egito na era romana, Cleópatra, entre outros aspectos.

Figura 15. Imagem do jogo Assassin's Creed: Odyssey.



Fonte: UBISOFT (2020)

2.5.3 Kingdom Come: Deliverance

Kingdom Come: Deliverance²⁸ (figura 16) é um jogo de RPG (*Role-Playing Game*) em mundo aberto, desenvolvido pela Warhorse Studios e lançado em 2018. O jogo é ambientado no Reino da Boêmia, parte do Sacro Império Romano, durante o início do século XV (1403). O jogador assume o papel de Henry, um jovem filho de um ferreiro que se vê envolvido em uma guerra civil após sua aldeia ser destruída por mercenários. O foco do jogo está na recriação realista e detalhada da vida medieval, enfatizando precisão histórica em seus ambientes, personagens e eventos. O jogo é conhecido por seu compromisso com o realismo histórico. Isso se reflete na ausência de elementos fantásticos comuns em muitos jogos de RPGs. As armas, armaduras, arquitetura e costumes são recriados com base em pesquisa histórica. Este produto é utilizado como referência neste projeto com o intuito de tentar reproduzir o método de pesquisa do resgate histórico. Ele exemplifica como a dedicação à busca por fontes primárias e a fidelidade aos detalhes podem se tornar o pilar central de uma experiência digital, um princípio que norteou a fase de modelagem do protótipo.

²⁸ Kingdom Come: Deliverance - (WARHORSE, 2024)

Figura 16. Imagem do jogo Kingdom Come: Deliverance.



Fonte: WARHORSE (2024)

2.5.4 City Car Driving

City Car Driving²⁹ é um simulador de direção desenvolvido pela Forward Development, que se destaca por seu realismo e detalhamento na simulação de condução de veículos em diversos cenários urbanos e rodoviários. Lançado inicialmente em 2010, o jogo foi desenvolvido para computador e oferece suporte a realidade virtual (RV), proporcionando uma experiência imersiva de aprendizado e prática de direção. O principal objetivo do jogo é ensinar os fundamentos da condução segura e responsável, adaptando-se às regras de trânsito de diferentes países. Este produto é utilizado como referência neste projeto para tentar reproduzir conceitualmente a ambientação dentro e fora de um veículo em movimento. A forma como a interface é apresentada (visão em primeira pessoa, painel do carro, espelhos etc.) e como a física do veículo interage com o cenário urbano são aspectos práticos que informaram o *design* da experiência de condução no protótipo.

²⁹ City Car Driving - (FORWARD, 2024)

Figura 17. Imagem do jogo City Car Driving.



Fonte: FORWARD (2024)

2.5.5 Tripp VR

Tripp³⁰ é uma aplicação de bem-estar em realidade virtual (RV) que visa proporcionar experiências imersivas focadas em meditação, relaxamento e desenvolvimento pessoal. Desenvolvida pela empresa TRIPP Inc., a plataforma foi lançada para dispositivos RV como *Oculus Quest* e *PlayStation VR*³¹. O objetivo principal de Tripp é criar um ambiente virtual que auxilia os usuários a alcançarem um estado mental mais calmo e focado, utilizando uma combinação de visuais dinâmicos, sons, e interatividade guiada. O jogo utiliza a tecnologia de RV para criar experiências imersivas que tentam envolver completamente os principais sentidos dos usuários. Este produto é utilizado como referência neste projeto através das regras de interação com o cenário e objetos da aplicação, haja vista que não há necessidade em utilizar outros dispositivos além de um ponteiro virtual. Essa abordagem minimalista, que visa manter o usuário imerso e focado na experiência, serviu de inspiração direta para a mecânica de interação implementada no protótipo, validando que interfaces simplificadas são eficazes para aplicações em RV que não exigem manipulação complexa de objetos.

³⁰ Tripp VR - (TRIPP, 2024)

³¹ *PlayStation VR* - (ENTERTAINMENT, 2024)

Figura 18. Imagem do jogo Tripp.



Fonte: TRIPP (2024)

2.6 Considerações do Mapeamento

Com base nos estudos analisados, existe uma notória tendência de resultados e conclusões, em que o uso de RV para a educação da preservação histórica, são bem aceitos para o público geral, respondendo assim a quase todas as questões desta revisão.

Cada pergunta da pesquisa será respondida a seguir para detalhamento da conclusão desta revisão:

Q1: Qual o estado da arte de aplicações de RV para o ensino de história?

- O estado da arte dentro deste trabalho contou com estudos entre os anos de 2017 a 2022, nos quais obtive mais estudos do ano de 2020, com 4 trabalhos selecionados (A1, A2, A3 e A4).
- Ao analisar os trabalhos por continente (Figura 6), verifica-se que a maioria dos trabalhos cujo tema é sobre preservação histórica e cultural, nota-se que o maior número de trabalhos está nos “velhos” continentes como Ásia e Europa, FU et al. (2020), XINGKE; YANG (2020), CH’NG et al. (2020), SELMANOVIC et al. (2020), IBRAHIM; ALI (2018), LOPEZ; CRUZ (2021), ABIDIN; RAZAK (2019), WALMSLEY; KERSTEN (2019), DEGGIM et al. (2017), REMOLAR; REBOLLO; FERNÁNDEZ-MOYANO (2021), ANDREOLI et al. (2018), com destaque para esta última onde há um maior número de trabalhos. Assim, podemos conjecturar em que estes locais tem mais prédios e artefatos antigos que podem ser digitalizados para

curadoria virtual através da navegação em RV. Evidentemente, realizar este tipo de estudo, fará contribuições tanto para a América Latina quanto para as áreas de educação, história, arquitetura e ciência da computação.

- Quanto aos dispositivos de publicação (Figura 10), atendendo aos critérios de qualidade, nota-se a utilização dos aparelhos HTC Vive e *Smartphones* como principais interfaces de navegação. O HTC Vive teve mais utilização (A1, A3, A9 e A10) por permitir um rastreamento corporal mais preciso através dos sensores de captação de movimento, por possibilitar uma interação mais realista, utilização em escala de salas e por ser mais popular para os pesquisadores. O *Smartphone* foi utilizado por garantir portabilidade e disponibilidade, haja vista que a tecnologia é mais acessível para os participantes dos estudos. Também sua utilização é mais versátil, pois as aplicações podem conter vários tipos de conteúdos como RV, RA, leitura de QR-Code³², visualização de vídeos, acesso de páginas entre outros. Contudo, outras tecnologias podem surgir para estudos futuros, garantindo mais acesso à conteúdos escaláveis e mais acessíveis para os usuários, então outras plataformas não devem ser descartadas para projetos em RV cujo foco é em preservação histórica e cultural.
- Com base nos estudos pesquisados deste trabalho, entre os anos de 2017 a 2022, foram encontradas pesquisas que destacam vários métodos de modelagem e captura de dados de objetos físicos com o intuito de recriar ambientes do passado. A importância destes métodos é vista na aplicação de conteúdos de museus, *websites* e *software* utilizados como forma de ensino na história de objetos e construções do passado. Apesar de ainda serem relativamente poucas aplicações espalhadas pelo mundo, é notória a capilaridade dentro das plataformas tecnológicas de vanguarda.

Q2: Quais aplicações são ambientadas em Belém do Pará?

- A RSL não identificou nenhuma aplicação acadêmica, dentro dos critérios de busca e do período estipulado, que fosse ambientada na cidade de Belém do Pará. Esta ausência de resultados (zero trabalhos encontrados) é, em si, o achado mais significativo da RSL, pois confirma a lacuna na literatura que este trabalho se propõe a preencher, justificando a originalidade e a relevância do protótipo “Vintage Car”.
- Esta questão é respondida ao passo em que as implementações sobre a cidade específica serão feitas. Este trabalho visa servir de base para futuras aplicações não

³² QR-Code: O código QR é um tipo de código bidimensional de matriz cujos símbolos consistem em áreas gráficas funcionais e de codificação. Cada código QR possui 3 gráficos de detecção de posição idênticos, localizados nos cantos superior esquerdo, superior direito e inferior esquerdo do símbolo. (SHI et al., 2022)

apenas para a cidade de Belém, mas para qualquer cidade que tenha relevância histórica e que seu legado possa ser preservado.

Q3: Quais aplicações utilizam engines de desenvolvimento de jogos?

- Em vários trabalhos foram citados motores de jogos para a construção de mundos virtuais (Figura 7), destacando a Unity 3D. Com estas ferramentas é possível, além da construção dos mundos, desenvolver mais interações para os usuários, integrar técnicas e materiais de desenvolvimento, escalar projetos e atualizações mais dinâmicas destes. A Unreal foi utilizada em 4 projetos (A2, A3, A9 e A10), sendo que esta ferramenta torna o ambiente mais realista para visualizações, mas com base nas versões analisadas, a evolução técnica de ambas as *engines* deixa para o pesquisador a decisão mais conveniente para seu projeto.
- Com base nos estudos pesquisados, existe uma notória preferência pelas *game engines* Unreal e Unity 3D, pois tais programas se tornam mais adaptáveis para aplicações em realidade virtual.
- Quanto às ferramentas de modelagem 3D (Figura 9), percebe-se que a maioria dos projetos utilizaram a técnica de fotogrametria em seus projetos, seja de forma direta ou auxiliar com outras ferramentas. Sabe-se que esta técnica procura obter detalhes visuais dos objetos, tornando estes mais realistas no que diz respeito à forma do objeto. Também destacam-se as ferramentas de modelagem Maya e Blender, pois acabam sendo uma alternativa ou complemento menos custoso para a modelagem de objetos, haja vista que a técnica de fotogrametria necessita de equipamentos mais caros a fim de obter um resultado mais preciso dos objetos.

Q4: Quais aplicações são utilizadas para a educação?

- Quanto aos trabalhos que possuem um foco em educação (Figura 4), percebe-se que a maioria dos estudos preocupam-se com a sensibilização dos usuários para a preservação histórica e cultural. Apesar dos trabalhos que não deixaram explícito a educação como objetivo final dos projetos, há uma tendência destas aplicações em utilizá-las no campo do aprendizado, tornando-as potenciais ferramentas na preservação de memória digital.

Q5: Quais os resultados gerados pelas aplicações?

- As metodologias dos estudos foram bem variadas, pois em sua maioria, os projetos são diferentes entre si para públicos distintos, apenas os projetos de DEGGIM et

al. (2017) e WALMSLEY; KERSTEN (2019) foram complementares e reutilizaram informações para a construção dos protótipos. Mas é possível destacar questionários sobre doenças ou distúrbios provenientes da RV (VRSQ), a escala de engajamento, diversão e imersão (E^2I), teste de Shapiro-Wilk para distribuição dos participantes, teste alfa Cronbach para confiabilidade dos questionários, teste de Qi-Quadrado para determinar a diferença estatística dos resultados, a separação em grupos de participantes para um melhor controle dos resultados, o auxílio de especialistas que possam contribuir com mais informações dos modelos 3D e a utilização de processos gamificados para maior engajamento dos usuários.

- De acordo com os resultados dos estudos, 10 estudos (A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A11 e A12) mencionaram resultados qualitativos, 8 estudos (A1, A2, A3, A4, A5, A6, A11 e A12) mencionaram resultados quantitativos e 2 não mencionaram tais resultados (A9 e A10). Para uma padronização de análise de resultados, 3 estudos (A1, A3 e A4) utilizaram a escala Likert para avaliação de seus questionários. FU et al. (2020) analisaram as variáveis dependentes, nas quais foram divididas em: Experiência VR, com Escala de engajamento, diversão e imersão (E^2I), para presença e prazer do usuário; efeitos de ângulo de visão (FOV, *Field of View*); doenças de realidade virtual medidas pelo questionário VRSQ (*Virtual Reality Sickness Questionnaire*); e aquisição de conhecimento antes e depois da experiência no ambiente virtual, medindo compreensão e recordação.

Existe um forte indício na tendência da assimilação de conteúdo através da RV, pois todos os estudos que mencionaram resultados qualitativos de participantes, obtiveram dados positivos para a aplicação de ambientes em RV no estudo do resgate histórico. Portanto, com esta revisão, conclui-se que as questões (Q1, Q3, Q4, e Q5) de pesquisa propostas, presentes no item 2.3.4 foram respondidas com êxito, exceto uma (Q2), haja vista que trata-se de uma questão específica da cidade de Belém, Pará, Brasil. Esta única pergunta a ser respondida, dar-se-á através da continuidade deste trabalho tornando-o base para a construção de um ambiente em realidade virtual caracterizado nesta cidade específica.

3 Desenvolvimento do protótipo

3.1 Introdução

O desenvolvimento do protótipo seguiu uma metodologia híbrida, combinando a abordagem centrada no usuário do *Design Thinking*, detalhada na Seção 3.3, com ciclos de produção iterativos inspirados no desenvolvimento de jogos, como o modelo de CHANDLER (2012) e a estrutura MDA (HUNICKE; LEBLANC; ZUBEK, 2004). O processo foi organizado em etapas que vão desde a imersão e definição, passando pela prototipação e testes, até a entrega de versões funcionais, conforme ilustrado no fluxo de desenvolvimento (Figura 21)

Posteriormente, para a etapa de Projeto de sistemas, foi feita a definição da arquitetura do sistema, mapa do trajeto, objetos a serem modelados, ferramentas para o desenvolvimento, plataformas de publicação e perfis de usuário, todos guiados pelos documentos de Duplo Diamante, Mapa mental e Mapa de empatia nos quais foram geradas as personas dos usuários.

Na etapa de Implementação e teste unitário, devido ao fato da aplicação ser tanto *stand-alone* quanto entretenimento, foi escolhido o ciclo de produção para jogos de CHANDLER (2012) e a estrutura proposta por HUNICKE; LEBLANC; ZUBEK (2004).

A próxima etapa de integração e teste de sistema, se mostrou semelhante à etapa anterior de Implementação, haja vista que houve a integração dos componentes já preparados, então foi possível manter os mesmos métodos.

A última etapa de Operação e Manutenção também ocorreu semelhante às etapas de Implementação e Integração, contudo alguns erros foram corrigidos, observações foram feitas e modificações foram implementadas para gerar versões para as plataformas de publicação.

3.2 Metodologia do desenvolvimento do protótipo

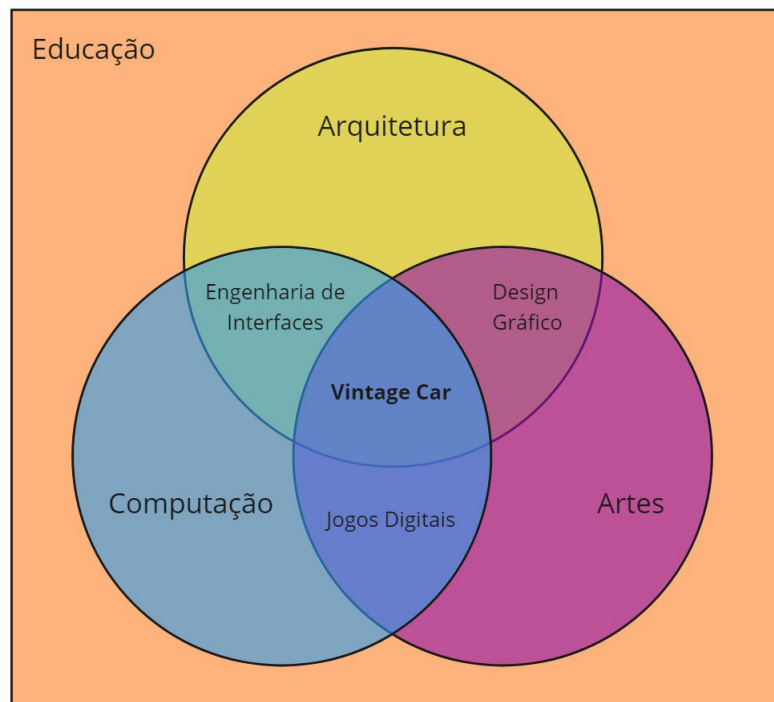
Durante o processo de desenvolvimento do protótipo, foram detectadas 3 grandes áreas de conhecimento dentro de uma área maior no projeto para estabelecer uma integração harmônica, e que fizesse sentido às pesquisas. A união destas áreas subdividiu em outras 3 áreas até que resultasse na integração deste projeto. A figura 19 exemplifica estas integrações, a seguir:

1. **Educação:** Esta área é o foco principal do projeto que norteia o desenvolvimento do

protótipo, nela são justificados todos os conceitos, ferramentas e padrões inseridos nas outras áreas e subáreas, cujo propósito é ensinar de forma lúdica através da tecnologia disponível no momento.

2. **Arquitetura:** Com o intuito de pesquisar sobre resgate histórico e cultural urbano, a área de Arquitetura foi identificada para estudos relacionados às construções e ambientes urbanos.
3. **Artes:** Devido às arquiteturas envolvidas dentro de um projeto digital, há uma necessidade de incluir a área de Artes para criação de visuais, sons e outras abstrações que possam surgir para complementar os materiais não encontrados durante a pesquisa.
4. **Computação:** A área de conceito mais tecnológica foi inserida, pois é a área fim para a construção do protótipo, e que servirá de base para conceitos já estabelecidos na área de projetos de software.
5. **Subárea - Design Gráfico:** Esta subárea integra Arquitetura e Artes, pois as buscas por características e informações de objetos, construções e veículos serão importantes para o desenvolvimento e abstrações dos modelos 3D, texturas e quaisquer detalhes visuais no protótipo.
6. **Subárea - Engenharia de Interfaces:** Esta integração com Computação e Arquitetura busca trazer padrões já estabelecidos para o desenvolvimento de interfaces, usabilidade e interação humano-computador.
7. **Subárea - Jogos Digitais:** Esta integração procura integrar as áreas de Computação e Artes, com o intuito de desenvolver a interação com o usuário através da manipulação de objetos digitais dentro de dispositivos tecnológicos. Esta subárea serve de base para dar suporte às outras subáreas, pois trata-se da multidisciplinaridade presente neste projeto.

Figura 19. Gráfico representativo de integrações das áreas do conhecimento no Vintage Car.



Fonte: Autoria própria (2024)

A metodologia de desenvolvimento do protótipo adotada de forma geral, foi através da união do *Design Thinking* (CAVALCANTI, 2014) com a metodologia de desenvolvimento de jogos MDA (HUNICKE; LEBLANC; ZUBEK, 2004) e as heurísticas de NIELSEN (1994). Com estes conceitos é possível atender tanto o processo criativo quanto a técnica de produção e adaptação de interface para uma aplicação em RV. OLIMPIO; NOTARGIACOMO (2020) concluem que “recomenda-se o uso de avaliação heurística no processo de desenvolvimento de software - ou seja, antes do lançamento do aplicativo - para que os problemas possam ser encontrados e corrigidos de maneira oportuna, garantindo assim uma entrega de alta qualidade.”

3.3 Processo do *Design Thinking*

O *Design Thinking* é uma abordagem colaborativa, multidisciplinar e não linear de inovação, proposta pela empresa IDEO (2018), baseada em princípios de engenharia, design e ciências sociais. Envolve geração rápida de ideias, criação de protótipos e compreensão das necessidades do usuário. Segundo CAVALCANTI (2014), é eficaz na criação inovadora de produtos e serviços, inclusive como o *Design Thinking* pode ser empregado como metodologia de pesquisa que possibilita a concepção, a partir da perspectiva do usuário, de um modelo alternativo de Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA). Como este projeto

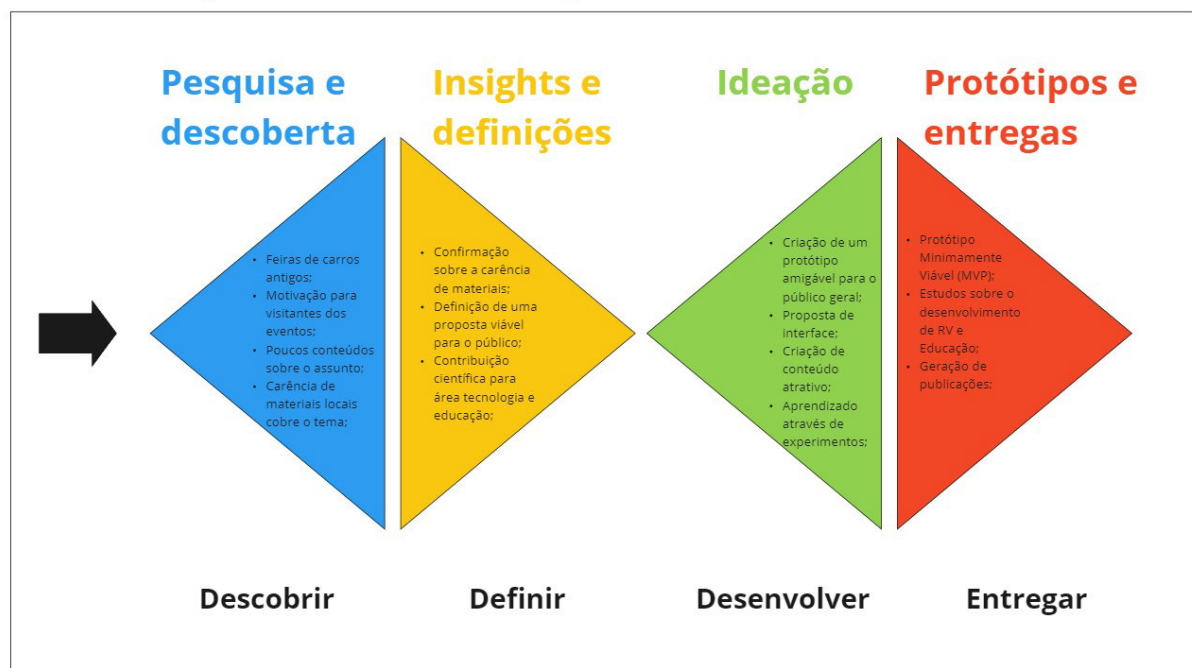
tem um viés mais acadêmico, o início do processo de pesquisa foi integralmente feito pela RSL, ao contrário do método da Matriz CSD (SANTOS et al., 2021) presente na maioria dos projetos mercadológicos.

3.3.1 Duplo diamante

A utilização da metodologia de duplo diamante, de acordo com SANTOS et al. (2021), consiste em divergir as ideias com o intuito de compreender o contexto do problema de modo amplo, se aprofundar nele, para então convergir com os dados descobertos para uma tomada de decisão. Tal método utiliza quatro etapas fundamentais para compreender o problema até a sua solução mais efetiva. A figura 20 mostra a construção do duplo diamante adaptado ao projeto Vintage Car.

Figura 20. Duplo diamante adaptado ao projeto Vintage Car.

Método Duplo diamante - Vintage Car



Fonte: Autoria própria (2024)

Como definição, será descrito a seguir, as etapas que definem a metodologia de duplo diamante para compor a fase inicial de conceitos deste projeto.

1. **Etapa Descobrir:** Esta é a etapa em que há uma necessidade de pesquisa sobre o assunto e obter referências para os modelos. A RSL (item 2.3) também é levada em consideração por se tratar de uma pesquisa acadêmica inclusive. Para este projeto, esta etapa preocupou-se em realizar apenas a RSL, excluindo a pesquisa de campo

por formulários, haja vista que a metodologia flexibiliza tal escolha, assim como realizada por SANTOS et al. (2021).

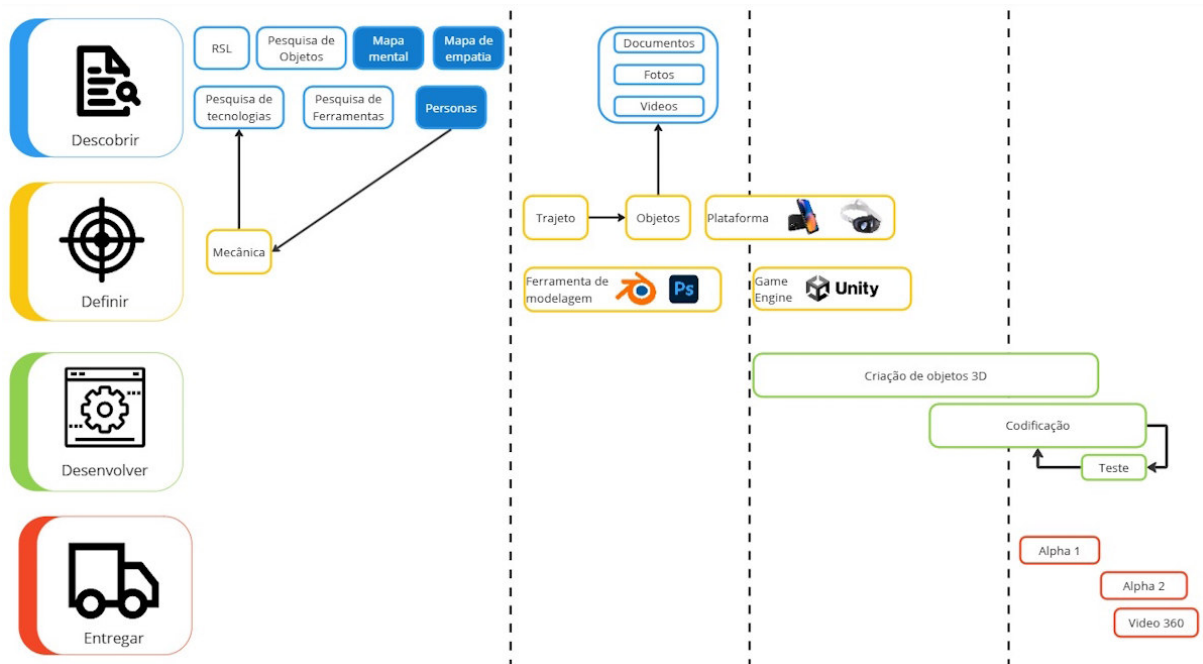
2. **Etapa Definir:** Nesta etapa, utiliza-se a descoberta adquirida na Etapa Descobrir para definir o problema a ser resolvido. Também encontra-se a definição do Mapa de empatia (item 3.3.2) e de personas (item 3.3.3), nos quais são definidos os perfis de usuários a utilizarem o sistema.
3. **Etapa Desenvolver:** Também chamada de “Idear”, a Etapa Desenvolver é o momento em que se buscam soluções para o problema definido na etapa anterior de forma ampla (SANTOS et al., 2021). Nesta etapa é possível inserir diagramas e figuras feitas nas ferramentas de *design* e processos, tal como mapa mental (Figura 26), Projeto de interface (item 3.5) e *Game Design Document* - GDD (item 3.7) que representam a ideia principal do projeto.
4. **Etapa Entregar:** Também conhecida como “Testar”, nesta etapa é possível criar protótipos de alta ou baixa fidelidade que possam ser testados, até que satisfaçam os pré-requisitos definidos na documentação do sistema. A versão de protótipo deste projeto encontra-se no item 3.11.

Baseado no conceito do Duplo Diamante e no modelo cascata da engenharia de *software*, descrito anteriormente, criou-se um fluxo aplicado à este projeto utilizando uma linha de tempo de desenvolvimento do protótipo (Figura 21). As setas conectam as diferentes atividades para mostrar o fluxo do processo, enquanto as caixas indicam as ferramentas e recursos utilizados em cada fase.

1. **Descobrir:** Esta é a etapa inicial de pesquisa e imersão, correspondente à primeira fase divergente do Duplo Diamante. As atividades listadas incluem a Revisão Sistemática da Literatura (RSL), que fundamentou o estado da arte do projeto; a Pesquisa de Objetos, Tecnologias e Ferramentas, para embasar as escolhas técnicas; e a elaboração do Mapa Mental e do Mapa de Empatia, ferramentas utilizadas para organizar as ideias do projeto e compreender as necessidades dos potenciais usuários, respectivamente. A partir do Mapa de Empatia, foram criadas as *Personas*, que representam os perfis de usuários-alvo.
2. **Definir:** Nesta etapa, as informações coletadas na fase anterior são sintetizadas para definir o problema e o escopo do projeto, caracterizando a primeira convergência do Duplo Diamante. A imagem destaca a definição da Mecânica principal do protótipo, ou seja, as regras de interação do usuário com o ambiente virtual. Essa definição é diretamente influenciada pelo entendimento das *Personas*, garantindo que a interação seja adequada ao público-alvo.

3. **Desenvolver:** Corresponde à etapa de ideação e prototipação, onde as soluções são efetivamente construídas. O fluxo mostra que esta fase se inicia com a coleta de Documentos, Fotos e Vídeos históricos, que servem como referências para a criação do trajeto do passeio e dos objetos 3D. As ferramentas de produção são explicitadas: a ferramenta de modelagem (com os ícones do *Blender* e *Photoshop*) e a *Game Engine* (com o ícone da *Unity*). O processo segue com a criação de objetos 3D, que alimenta a etapa de codificação. A imagem destaca um ciclo iterativo entre codificação e teste, representando o processo de implementação e depuração contínua das funcionalidades do protótipo.
4. **Entregar:** Esta é a fase final do fluxo, onde os resultados do desenvolvimento são compilados em versões funcionais e entregáveis. As saídas listadas são as versões *Alpha 1* e *Alpha 2* do protótipo, além de um Vídeo 360, que serve como material de divulgação e demonstração da experiência imersiva. Também foi gerada uma versão para Oculus Quest 2 (QUEST, 2024).

Figura 21. Fluxo de desenvolvimento baseado no Duplo Diamante aplicado ao Vintage Car



Fonte: Autoria própria (2025)

3.3.2 Mapa de empatia

Através do Mapa de Empatia, é possível entender perfis de potenciais usuários a utilizar um sistema. De acordo com CANDIDO; BERTOTTI (2020), o Mapa de Empatia tem um papel interessante na análise da visão do perfil e nas necessidades do usuário/cliente

de forma simples e rápida. A forma de pensar sobre o prisma do usuário/cliente permite pensar nas causas e possíveis justificativas de determinados comportamentos e fenômenos que caracterizam a experiência do usuário com o produto/serviço ofertado.

Esta ferramenta foi concebida por OSTERWALDER; PIGNEUR (2011) na obra *Business Model Generation*, no qual conceitua:

É assim que funciona. Primeiro, faça um *brainstorm* para avaliar todos os possíveis segmentos de clientes que quer atender utilizando seu Modelo de Negócio. Escolha três candidatos promissores e selecione um para seu primeiro exercício de perfil. Comece dando a esse cliente um nome e algumas características demográficas, como renda, estado civil, e assim por diante. Então, visualizando o diagrama na próxima página, utilize uma tabela ou um quadro em branco para construir um perfil para seu recém nomeado cliente, perguntando e respondendo a seis perguntas: O QUE ELA VÊ? O QUE ELA ESCUTA? O QUE ELA REALMENTE PENSA E SENTE? O QUE ELA DIZ E FAZ? QUAL A SUA DOR? O QUE GANHA O CLIENTE?

Com as perguntas propostas por OSTERWALDER; PIGNEUR (2011), foi possível criar um diagrama que representasse de forma visual o perfil estabelecido pelo modelo. Tal diagrama distribui as perguntas e suas características da seguinte forma, conforme CANDIDO; BERTOTTI (2020):

1. **“O que ela vê?”** Neste campo são identificadas todas as referências e influências visuais que possam interferir no comportamento do usuário;
2. **“O que escuta?”** Neste caso não apenas as coisas que o usuário escuta no seu ambiente ou em outros ambientes em que tenha acesso, mas também o entendimento de quem ele escuta. Ou seja, quem é ou poderá ser um influenciador deste perfil de usuário.
3. **“O que sente e pensa?”** São informações relacionadas diretamente às emoções dos usuários, o que sente e o que pensa em relação às suas necessidades e o que está sendo oferecido. Uma relação entre expectativa e realidade, sob o ponto de vista dos usuários.
4. **“O que diz e faz?”** No momento em que compra ou faz uso de determinado serviço, quais são os aspectos que caracterizam a experiência do usuário, desde a tomada de decisão até uma ação final futura. Este campo permite analisar as atitudes e falas do usuário, além de verificar a coerência nestas ações. É possível, também, determinar os padrões de comportamento para cada fase de experiência do usuário, em determinado serviço.
5. **“Qual sua Dor?”** Neste campo devem ser identificados os receios, frustrações e obstáculos percebidos pelo usuário na sua experiência de uso. São os fatores que

podem interferir em uma boa experiência do usuário no contexto analisado, bem como entender estes fatores de forma a identificar os que estejam diretamente relacionados à proposta de oferta que o usuário/cliente recebe. Além disso, deve-se questionar sobre os que envolvem outros *stakeholders* (usuários do sistema) e/ou demandam ações que não correspondem com o *core* (negócio central) da organização.

6. **“O que ganha o cliente?”** Este campo deve ser preenchido com as necessidades e desejos dos usuários e os obstáculos que pretende ultrapassar. Através destas respostas, se percebe o que motiva o usuário e, assim, é possível analisar o seu comportamento de forma mais próxima e, muitas vezes, como explicação para determinadas ações e reações que apresenta.

Utilizando as técnicas do *Design Thinking* da IDEO e as ferramentas de negócios derivadas de Osterwalder e Pigneur, o mapa de empatia para este projeto é mostrado na figura 22.

Figura 22. Mapa de empatia do perfil dos possíveis usuários a utilizar o Vintage Car.

Mapa de empatia - Vintage Car



Fonte: Autoria própria (2024)

3.3.3 Personas

O conceito de persona no *Design Thinking* substitui o público-alvo de um projeto para deixar mais específico e tornar a ideia de usuário mais próxima da realidade. Através do mapa de empatia (item 3.3.2), é possível extrair os possíveis usuários potenciais a

utilizarem a aplicação, nos quais foram gerados 3 perfis de usuários potenciais para este projeto. As figuras 23, 24 e 25, mostram os perfis gerados.

Figura 23. Perfil para estudante.



Filipe, 14 anos, Estudante do ensino médio

Bio: Filipe mora com os pais que são funcionários públicos e tem uma irmã de 9 anos. É um aluno que se interessa em aprender o conteúdo escolar de forma diferente. Conversa com os colegas sobre tecnologias, fofocas dos youtubers e gosta de jogar videogame.

Frustrações e necessidades: Filipe gosta de aprender, mas sente que o ensino não está atrativo para que ele se interesse pelo conteúdo. Não gosta de decorar conteúdos da escola.

Desafios e objetivos: Filipe quer aprender de forma lúdica usando tecnologias. Conseguiu aprender todos os personagens da Marvel através dos filmes. Cada personagem é uma busca pela internet.

Frase (Pensamentos e desejos): “Gostaria muito de aprender história de uma forma diferente. Sem decoreba.”

Fonte: Autoria própria (2024)

Figura 24. Perfil para professor.



Sandra, 40 anos, Professora de História do ensino médio

Bio: Sandra mora com o marido e seu filho de 16 anos. Tem muitos anos de sala de aula. Desde que começou a dar aulas, se apaixonou pelo ofício. Gosta de trocar informações com os colegas e entender mais as dores dos alunos.

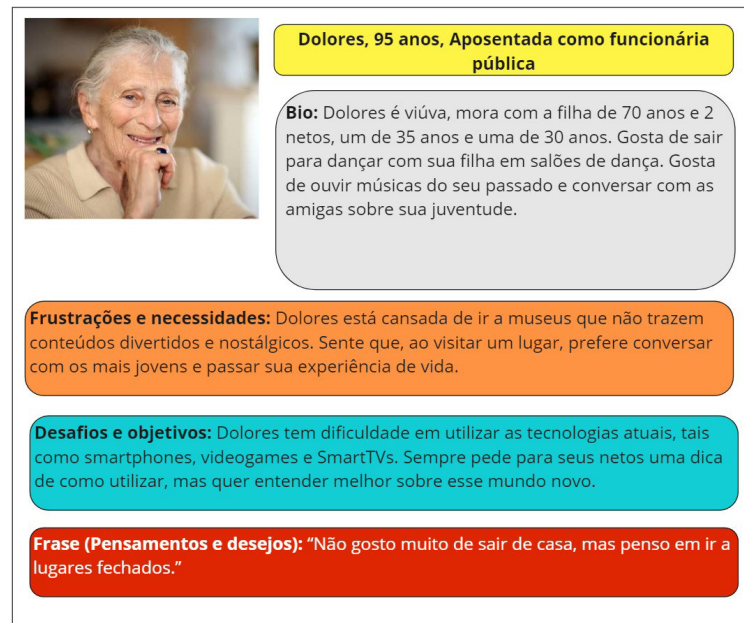
Frustrações e necessidades: Sandra sente que sua disciplina de história não está mais chamando a atenção dos alunos. Ela anseia por novas abordagens didáticas para enriquecer suas aulas.

Desafios e objetivos: Sandra já procurou muitas formas de resolver seu problema de engajamento com os alunos. Busca discussões no Youtube e telejornais, tenta aplicar metodologias ativas nas suas aulas.

Frase (Pensamentos e desejos): “Gosto de ensinar, mas acho que preciso encontrar uma nova didática.”

Fonte: Autoria própria (2024)

Figura 25. Perfil para aposentado.



Dolores, 95 anos, Aposentada como funcionária pública

Bio: Dolores é viúva, mora com a filha de 70 anos e 2 netos, um de 35 anos e uma de 30 anos. Gosta de sair para dançar com sua filha em salões de dança. Gosta de ouvir músicas do seu passado e conversar com as amigas sobre sua juventude.

Frustrações e necessidades: Dolores está cansada de ir a museus que não trazem conteúdos divertidos e nostálgicos. Sente que, ao visitar um lugar, prefere conversar com os mais jovens e passar sua experiência de vida.

Desafios e objetivos: Dolores tem dificuldade em utilizar as tecnologias atuais, tais como smartphones, videogames e SmartTVs. Sempre pede para seus netos uma dica de como utilizar, mas quer entender melhor sobre esse mundo novo.

Frase (Pensamentos e desejos): "Não gosto muito de sair de casa, mas penso em ir a lugares fechados."

Fonte: Autoria própria (2024)

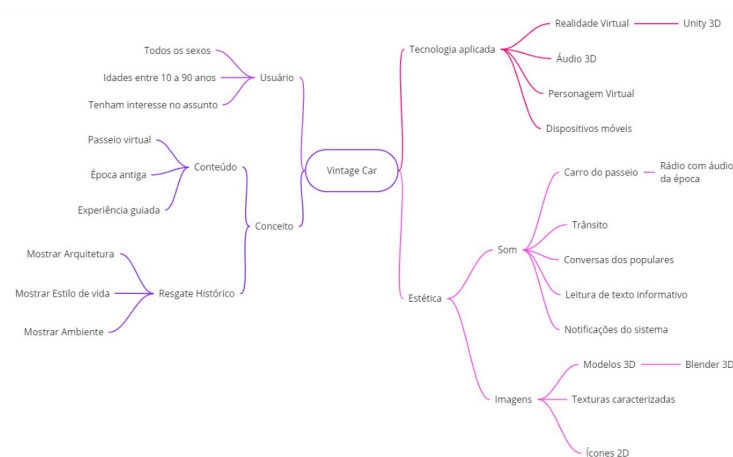
Todos os perfis mostrados acima, foram criados utilizando a ferramenta Miro como forma de visualização em cartões, assim é possível dispor em quadros físicos ou digitais para organizá-los e mostrá-los à desenvolvedores, gestores ou qualquer pessoa que queira compreender mais sobre estes perfis.

3.3.4 Mapa mental

Prosseguindo ainda na etapa de “Desenvolver” ou “Idear”, um mapa mental (figura 26) é criado para dispor os principais elementos que irão compor o sistema e assim desenvolver seu protótipo.

A utilização de um mapa mental é adequada para organizar ideias, assim como FULLERTON et al. (2008) conceitua que o mapeamento mental é uma maneira de expressar ideias visualmente. Mapeamento mental é uma maneira de expressar ideias visualmente. Começa-se com uma ideia central no meio e deixa as ideias relacionadas irradiar para fora. Pode-se usar linhas e marcadores de cores diferentes para conectar as ideias. O mapeamento mental fornece uma estrutura para pensar de maneira não linear. Neste caso, também foi utilizada a ferramenta Miro para o desenho do mapa, pois esta fornece um modelo pronto para inserir os elementos.

Figura 26. Mapa mental com elementos principais do projeto.



Fonte: Autoria própria (2024)

A palavra central do mapa extrai diretamente o nome do projeto, pois torna-se mais preciso dar nome ao projeto em específico. Quatro ramificações foram criadas para separar as áreas e sub-áreas de atuação:

- **Usuário:** A ideia principal é atrair o máximo possível de pessoas para a utilização da aplicação, então procura-se perfis para todos os sexos, com idades entre 10 e 90 anos, haja vista que as crianças do 5º ano passam pela disciplina de História, cujo objetivo de conhecimento é “Os patrimônios materiais e imateriais da humanidade” (EDUCACAO, 2017), e qualquer usuário que tenha interesse no assunto abordado.
- **Conceito:** Este ramo refere-se ao núcleo do projeto, satisfazendo os objetivos deste documento. Dentro da sub-área Educacional, destacam-se “Viagem do tempo”, como alusão ao conceito físico mas de forma lúdica, “História”, assim como no ramo de Usuário, e “Aprendizado através da Experiência”. Na sub-área Resgate Histórico, foram destacados “Arquitetura”, “Estilo de vida” e “Ambiente”, pois são os principais elementos a serem valorizados dentro da aplicação.
- **Tecnologia Aplicada:** Este ramo serve para destacar o que é utilizado para construir a aplicação. Estes itens também foram escolhidos baseados na Revisão Sistemática da Literatura (RSL), análises mercadológicas e objetivos do projeto. Destacam-se “Realidade virtual”, “Unity 3D”, “Áudio 3D”, “Agente Virtual”, “Dispositivos móveis”.
- **Estética:** Este ramo procura mapear os aspectos de som e imagens propostas para o projeto. O Som proporciona a sensação auditiva presente nos jogos e simuladores em realidade virtual, neste projeto pode-se destacar “Rádio da época no carro”, “Trânsito”, “Conversas do populares”, “Diálogos com agentes” e “Notificação no

sistema”. O aspecto de Imagem proporciona a forma e o tipo de visualização presente no ambiente, destaca-se “Modelos 3D”, “Texturas caracterizadas para época” e “Ícones 2D”. Todos estes elementos da estética estão presentes e com mais detalhes em Identidade Visual (item 3.6) e Protótipo da Aplicação (item 3.11).

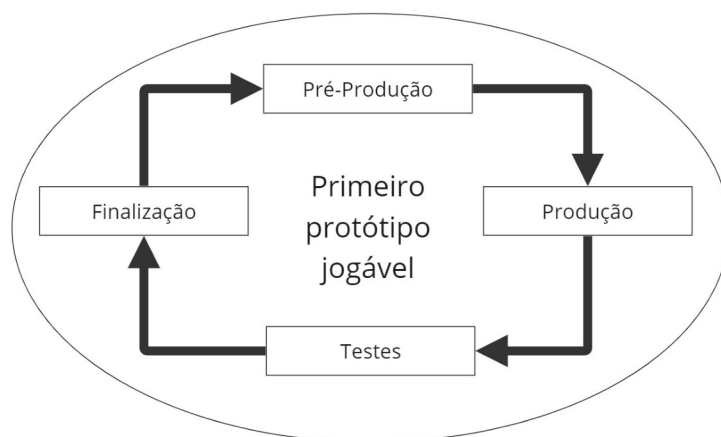
3.4 Ciclo de produção e MDA

A metodologia de desenvolvimento do protótipo segue o ciclo de produção de CHANDLER (2012) e a estrutura de HUNICKE; LEBLANC; ZUBEK (2004), no qual denominaram como MDA (*Mechanics, Dynamics and Aesthetics*).

O ciclo de produção é descrito segundo Chandler:

1. **Pré-produção:** Nesta etapa são listados os processos de Conceito, Requisitos do Projeto, Planejamento do projeto e Avaliação de risco. Neste projeto, esta etapa foi substituída pelo processo de *Design Thinking* (IDEO, 2018).
2. **Produção:** A partir desta etapa, será seguida conforme as recomendações do autor. Nesta etapa encontram-se os processos Implementação do plano, Rastreamento do progresso e Avaliação de risco.
3. **Testes:** Nesta etapa são listados os processos de Validação do plano e Liberação do código.
4. **Finalização:** Nesta etapa são listados os processos de *Post-Mortem* e Plano de Arquivamento. Esta última etapa não necessariamente precisa finalizar o desenvolvimento, haja vista que o autor mantém o ciclo caso seja necessário um novo ciclo para fechar a versão do protótipo, conforme a figura 27.

Figura 27. Ciclo de produção de Chandler.

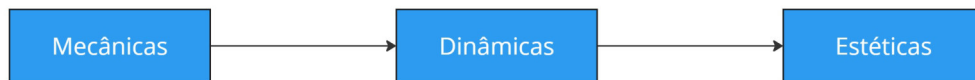


Fonte: CHANDLER (2012)

A estrutura MDA (figura 28) é descrita por HUNICKE; LEBLANC; ZUBEK (2004) da seguinte forma:

1. ***Mechanics* (Mecânica)**: Descreve os componentes específicos do jogo, no nível da representação de dados e algoritmos, ou seja, são os componentes mais técnicos que irão transformar as ideias em um jogo propriamente dito, que neste caso será a aplicação em RV.
2. ***Dynamics* (Dinâmica)**: Descreve o comportamento em tempo real da mecânica, agindo sobre as entradas dos jogadores e as saídas uns dos outros ao longo do tempo.
3. ***Aesthetics* (Estética)**: Descreve as respostas emocionais desejáveis evocadas no jogador quando ele interage com o sistema do jogo.

Figura 28. Fluxo da estrutura de jogo de Hunicke, Leblanc e Zubek.



Fonte: HUNICKE; LEBLANC; ZUBEK (2004)

Enquanto o Duplo Diamante (Seção 3.3.1) oferece a estrutura macro do projeto, o ciclo de produção de CHANDLER (2012) e a estrutura MDA de HUNICKE; LEBLANC; ZUBEK (2004) foram utilizados para gerenciar as etapas práticas de ‘Desenvolver’ e ‘Entregar’. Pode-se mapear as fases de ‘Descobrir’ e ‘Definir’ do *Design Thinking* como a etapa de ‘Pré-produção’ de Chandler. As fases de ‘Produção’, ‘Testes’ e ‘Finalização’ detalham o fluxo de trabalho adotado dentro da fase ‘Desenvolver’ do Duplo Diamante.

3.5 Conceitos de interface

A construção dos elementos da interface foi feita baseada em princípios de usabilidade consolidados, como as Heurísticas de Nielsen, segundo BARBOSA; SILVA (2010), “Jakob Nielsen (1993) definiu a engenharia de usabilidade como um conjunto de atividades que devem ocorrer durante o ciclo de vida do produto, ressaltando que muitas delas ocorrem nos estágios iniciais do projeto, antes que a interface com usuário em si seja projetada.”.

A proposta de Nielsen segue as seguintes atividades:

1. **Conheça seu usuário:** Usuário é todo aquele cujo trabalho é afetado de algum modo pelo produto, isto é, diretos e demais *stakeholders*. Isso envolve conhecer as características individuais dos usuários e do seu ambiente físico e social de trabalho, suas atividades e as formas como lidam com circunstâncias excepcionais e emergenciais.
2. **Realize uma análise competitiva:** Consiste em examinar produtos com funcionalidades semelhantes ou complementares. Como esses produtos já estão prontos, podem ser testados com mais facilidade e realismo do que protótipos.
3. **Defina as metas de usabilidade:** Envolve definir os fatores de qualidade de uso que devem ser priorizados no projeto, como serão avaliados ao longo do processo de design, e quais faixas de valores são inaceitáveis, aceitáveis e ideais para cada indicador de interesse.
4. **Faça *designs* paralelos:** Consiste em elaborar diferentes alternativas de *design*, de preferência por três ou quatro *designers* trabalhando de forma independente, para então selecionar as que vão ser detalhadas nas atividades seguintes do processo.
5. **Adote um *design* participativo:** Consiste em a equipe de design ter acesso permanente a um conjunto de usuários tidos como representativos da população-alvo de usuários. No entanto, os usuários não são *designers*, então não pode-se esperar que eles produzam designs ou entendam especificações produzidas utilizando notações que eles desconhecem, nem mesmo que saibam definir com clareza o que querem ou precisam.
6. **Faça o *design* coordenado da interface como um todo:** Inclui não apenas os elementos de interface propriamente ditos, mas também toda a documentação, o sistema de ajuda e tutoriais produzidos sobre o sistema.
7. **Aplique diretrizes e análises heurísticas:** As diretrizes são princípios bem conhecidos para o *design* da interface com usuário. À medida que a interface for projetada, deve ser feita uma avaliação heurística para avaliar se as diretrizes não estão sendo violadas. As diretrizes podem ser gerais, aplicáveis a todas as interfaces com usuário; específicas a uma categoria ou plataforma computacional; ou ainda específicas a um produto individual.
8. **Faça protótipos:** Podem ser desenvolvidos rapidamente e a um custo baixo, para que sejam avaliados junto a usuários e modificados à medida que a equipe de *design* adquire um melhor entendimento dos problemas, visando oferecer uma solução mais adequada.
9. **Realize testes empíricos:** Consistem principalmente na observação dos usuários ao utilizarem os protótipos para realizar certas tarefas.

10. **Pratique *design* iterativo:** A cada interação de design e avaliação, alguns problemas são corrigidos e o processo deve se repetir até que as metas de usabilidade tenham sido alcançadas.

PIMENTEL; DIAS; SANTOS (2008) citam as dez heurísticas como um método difícil de ser aplicado aos ambientes em RV e RA, contudo é possível fazer uma avaliação baseada nestes princípios:

1. **Visibilidade do estado do sistema:** tanto nos ambientes de realidades virtuais e aumentadas como nos ambientes 2D, o sistema deve manter o usuário informado das modificações que o ambiente sofre com as suas ações, através de um *feedback* apropriado, levando em consideração o tempo. Nos ambientes virtuais e aumentados, o tempo de resposta e as atualizações do *tracking* (rastreamento dos movimentos) são responsáveis pela atualização imediata do estado do sistema.
2. **Correspondência entre o sistema e o mundo real:** deve o sistema “falar” a mesma língua que o usuário, usar conceitos familiares e convencionais, tornando as informações naturais e lógicas. Os ambientes de RV e RA são construídos à imagem do mundo real ou com base nele, procurando imitar ou até mesmo substituir a realidade física do mundo real.
3. **Controle e liberdade do usuário:** as pessoas erram com frequência, logo são necessárias formas para restabelecer o estado de desfazer (função *Undo*) e refazer (função *Redo*). Nos ambientes virtuais e aumentados, geralmente as ações são incrementais e reversíveis.
4. **Consistência e padrões:** tanto nos ambientes virtuais e aumentados como nos ambientes 2D, os utilizadores não devem ter que se preocupar se as palavras, situações ou ações significam a mesma coisa. Os ambientes devem ser coerentes com as experiências reais passadas e com as experiências obtidas através do sistema. Devem ser compatíveis com o mundo real e com eles próprios.
5. **Prevenção de erros:** prevenir erros é melhor do que fornecer boas mensagens de erro. A maior parte dos erros nos ambientes virtuais e aumentados são provenientes dos dispositivos de entrada e saída (*Smartphones* e óculos RV), logo os erros nestes ambientes estão mais ligados à tecnologia do que propriamente ao desenvolvimento do ambiente.
6. **Reconhecer ao invés de lembrar:** os usuários não devem ter necessidade de se lembrar de informação de uma parte para a outra do ambiente, além disso as instruções devem estar visíveis ou ser fáceis de se encontrar. Nos ambientes virtuais e aumentados esta heurística poderia ser adaptada a “agir da forma mais

natural possível”. O usuário sabe naturalmente que existe a possibilidade de realizar determinadas ações e como estas irão decorrer, como por exemplo abrir uma porta.

7. **Flexibilidade e eficiência de uso:** o sistema deve satisfazer tanto os principiantes quanto os experientes. A disponibilização de atalhos é uma forma de ajustamento entre os mesmos. Esta heurística talvez seja a mais difícil de aplicar nos ambientes em realidades virtuais e aumentadas, porque criar atalhos em tais tipos de ambientes irá depender do tipo da aplicação, é algo muito específico de cada situação.
8. **Design minimalista:** os diálogos devem conter somente a informação necessária. No entanto, nos ambientes virtuais e aumentados torna-se necessária a incorporação de detalhes, pois são estes que acrescentam imersão a esse tipo de ambiente, porém estes não devem ser em demasia para não confundir os usuários.
9. **Ajudar os usuários a reconhecer, diagnosticar e recuperar de erros:** as mensagens de erro devem ser claras, objetivas, entendíveis sobre o problema e sugerir soluções. Nos ambientes virtuais e aumentados, sendo que o objetivo é torná-los os mais intuitivos possíveis, o reconhecimento dos erros também deve ser intuitivo e natural.
10. **Ajuda e documentação:** o sistema deve dar a opção de ajuda e ter uma forma de pesquisa rápida, focada na tarefa do usuário, listando concretamente os passos a serem seguidos, não devendo ser extensos. Nos ambientes virtuais e aumentados, o ideal é que estes sejam tão naturais e intuitivos que os usuários não necessitem de ajuda, seja do sistema, seja de outro usuário.

3.6 Identidade visual

3.6.1 Criação da Identidade Visual

Identidade visual, de acordo com VASQUEZ (2007), é o conjunto de critérios e princípios que servem para representar, caracterizar e identificar uma marca ou produto. Essa caracterização envolve elementos como logotipo, ícones, paleta de cores, tipografias e layouts. Nesta seção será apresentada uma proposta de identidade visual do projeto Vintage Car.

3.6.2 Logomarca

O processo de criação da logomarca (figura 29), dá-se pela alusão à frente de um carro genérico fabricado entre os anos de 1940 e 1950, com sua grade de proteção do motor no centro, faróis nas laterais, o nome do projeto no meio e ao centro, a base inferior simbolizando a estrela do Pará e finalizando com um triângulo invertido. As duas palavras

que levam o nome do projeto, foram escolhidas com o objetivo de alcançar o entendimento de pessoas fora do Brasil, tornando a ideia de um carro antigo. A palavra *Vintage* significa algo antigo ou a uma época passada, e a palavra *Car* em inglês significa Carro.

Figura 29. Logo Principal do Produto.

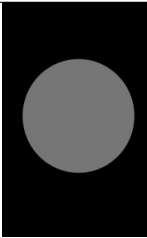


Fonte: Autoria própria (2024)

3.6.3 Ícones

Os ícones (tabela 5) utilizados buscam auxiliar a descrição de itens do produto, servindo como guias aos usuários, facilitando a utilização do mesmo.

Tabela 5. Ícones utilizados para navegação.

Ícone	Título	Descrição
	Apontador de objetos	Este ícone é centralizado no meio da visão do usuário para apontar no objeto a ser informado pelo sistema.
	Temporizador de foco	Este ícone trabalha em conjunto com o Apontador de objetos. Ao fixar o olhar em um objeto do cenário, o ícone Temporizador aparece um segundo depois e conta mais três segundos para enviar a informação para o sistema.
	Indicador de fala do Personagem	Após o envio da informação, a resposta do sistema é enviada ao usuário em formato de áudio e texto. O ícone de indicador de fala do sistema é mostrado no canto inferior esquerdo da tela durante o envio da informação ao usuário.

Fonte: Autoria própria (2024)

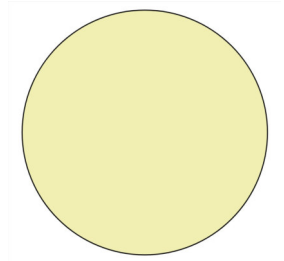
Todos os ícones distribuídos na tela são da cor branca e com Alfa em 50% de transparência, com o objetivo de interferir minimamente na imersão do usuário.

3.6.4 Cores

A logomarca (figura 29) tem duas cores predominantes com três cores complementares.

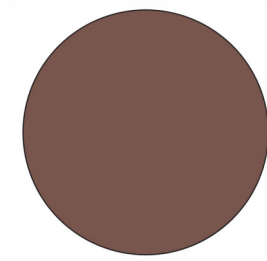
- **1ª Predominância:** Hexa(F2EFB2), RGB(242, 239, 178, A255), é utilizada em quase toda a logomarca, incluindo a palavra “Car”.
- **2ª Predominância:** Hexa(79564D), RGB(121, 86, 77, A255), é utilizada como segunda opção e está nos detalhes em linhas da logomarca.

Sensações das predominâncias: Com o objetivo de transmitir sobriedade, as cores em tons pastéis em conjunto, trazem a representatividade dos ternos e vestidos utilizados pelas pessoas no período de 1940 e 1950.



Hexa(F2EFB2)

RGB(242, 239, 178, A255)

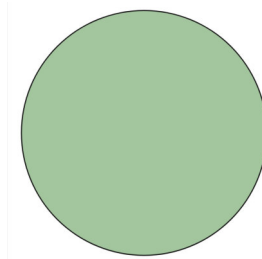


Hexa(79564D)

RGB(121, 86, 77, A255)

- **1ª Complementar:** Hexa(A3C69F), RGB(163, 198, 159, A255), é utilizada apenas na palavra “*Vintage*” para o contraste ao fundo da 2ª predominância.

Sensação: O verde neste tom, tenta transmitir uma ideia de continuidade e aceitação, estando logo abaixo dos faróis.

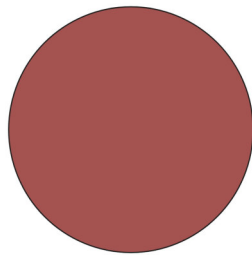


Hexa(A3C69F)

RGB(163, 198, 159, A255)

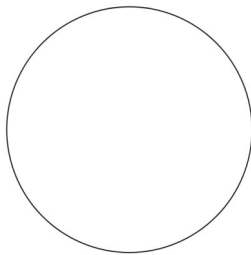
- **2ª Complementar:** Hexa(A55351), RGB(165, 83, 81, A255), é utilizada para representar as cores da bandeira do Estado do Pará em conjunto com a 3ª cor complementar.
- **3ª Complementar:** Hexa(FFFFFF), RGB(255, 255, 255, A255), é utilizada em conjunto com a 2ª cor complementar para representar as cores da bandeira do Estado do Pará.

Sensação do conjunto complementar: Estas duas cores em vermelho e branco fazem alusão às cores do Estado do Pará, mostrando a origem do projeto e onde o usuário será ambientado.



Hexa(A55351)

RGB(165, 83, 81, A255)



Hexa(FFFFFF)

RGB(255, 255, 255, A255)

3.6.5 Fontes

Foram utilizadas duas fontes distintas para a logomarca, as letras são representativamente letreiros das propagandas de objetos vendidos entre os anos de 1940 e 1950.

Lakeshore-Drive(figura 30): Utilizada na palavra “*Vintage*”.

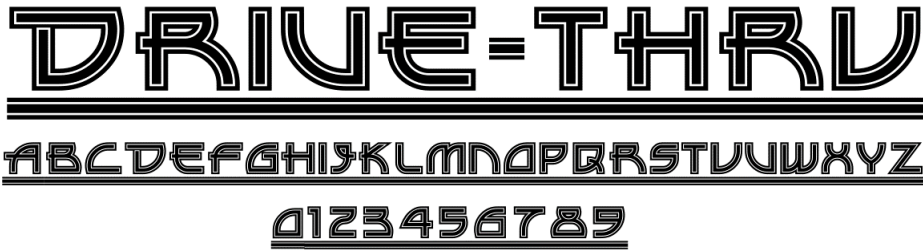
Figura 30. Família da fonte Lakeshore-Drive para compor a logomarca Vintage Car.



Fonte: Autoria própria (2024)

Drive-Thru(figura 31): Utilizada na palavra “*Car*” com modificações, sendo que foi retirado o sublinhado dos caracteres para compor a logo. Esta família não tem caracteres em caixa baixa.

Figura 31. Família da fonte Drive-Thru para compor a logomarca Vintage Car.

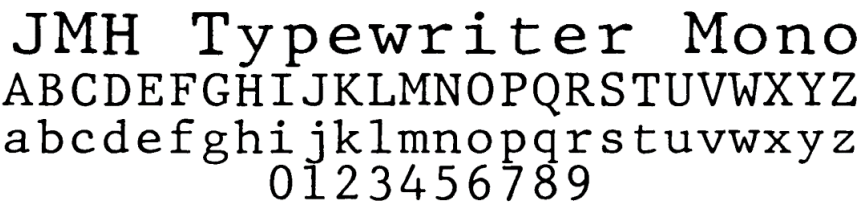


Fonte: Autoria própria (2024)

JMH Typewriter Mono(figura 32): Utilizada dentro do sistema para representar o estilo de máquina de escrever muito presente nas décadas de 1940 e 1950. Esta fonte

é utilizada em botões, textos informativos e alertas. Esta família de fontes utilizam os estilos, Normal, Itálico, Negrito, Tachado (riscado), Sublinhado e Cruzado (com uma letra X por cima do caractere).

Figura 32. Família da fonte JMH Typewriter Mono para compor textos no Vintage Car.

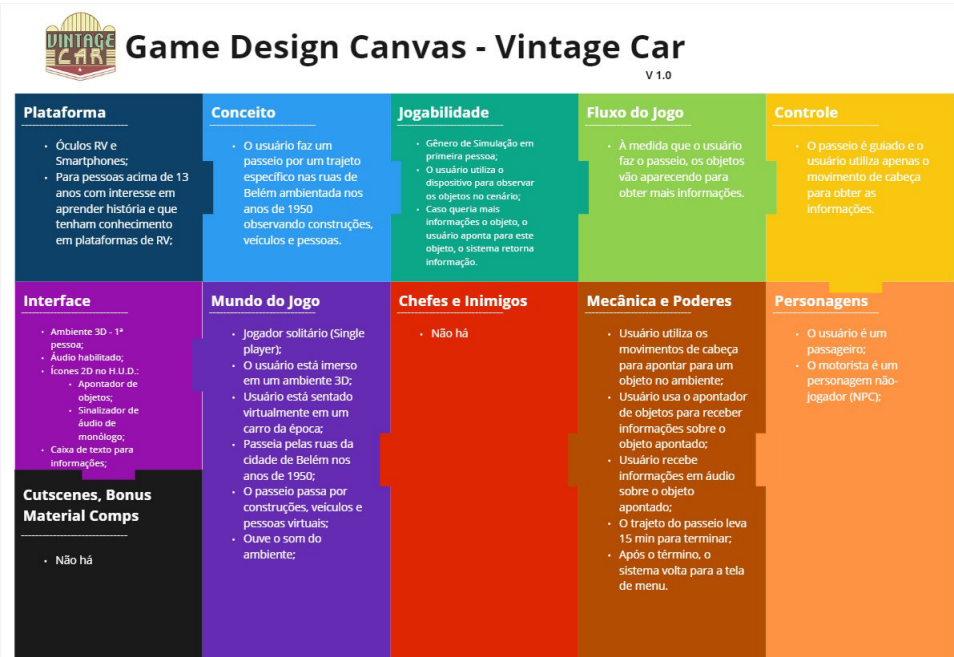


Fonte: Autoria própria (2024)

3.7 GDD

Em um primeiro momento, foi iniciado o conceito da aplicação através do modelo de *Game Design Document* (GDD) adaptado ao *Business Model Canvas* (OSTERWALDER; PIGNEUR, 2011) criado por CARVALHO (2015). Este modelo procura deixar de forma simples e com as informações mais importantes para um projeto de negócios, com as quais procura atender às necessidades do usuário de RV. A figura 33 representa o modelo Canvas já preenchido com as informações necessárias para o Vintage Car.

Figura 33. Modelo Canvas adaptado para um GDD do projeto Vintage Car.



Fonte: Autoria própria (2024)

3.8 Modelagem 3D

A ferramenta de construção dos modelos 3D escolhida foi o BLENDER (2024), haja vista que é distribuída gratuitamente, tem muitos recursos básicos para a criação de modelos e animações 3D, tem integração com várias *Game Engines* (Unity 3D inclusive, utilizada para a prototipação deste projeto), complementos (*add-on*) que auxiliam na construção de modelos mais específicos e conta com um suporte considerável através de comunidades virtuais e técnico da própria ferramenta.

A modelagem seguiu uma linha com base em objetos e construções que existiam até Dezembro de 1950. Alguns modelos foram inspirados através de fotos e descrições após este período, pois não foram encontrados registros sobre tais objetos e construções. Foram criados veículos, prédios e objetos presentes em 1950 através de relatos, documentos, fotos e vídeos encontrados pela Internet. Em alguns momentos, a modelagem utilizou o conceito de BIM (*Business Information Modeling*), no qual segundo ANDRADE; RUSCHEL (2009), BIM envolve tecnologias e processos que devem ser usados na produção, comunicação e análise dos modelos de construção de prédios físicos, em que as principais técnicas presentes são modelagem paramétrica e interoperabilidade, as quais diferenciam BIM de sistemas CAD (*Computer-Aided Design*) tradicionais.

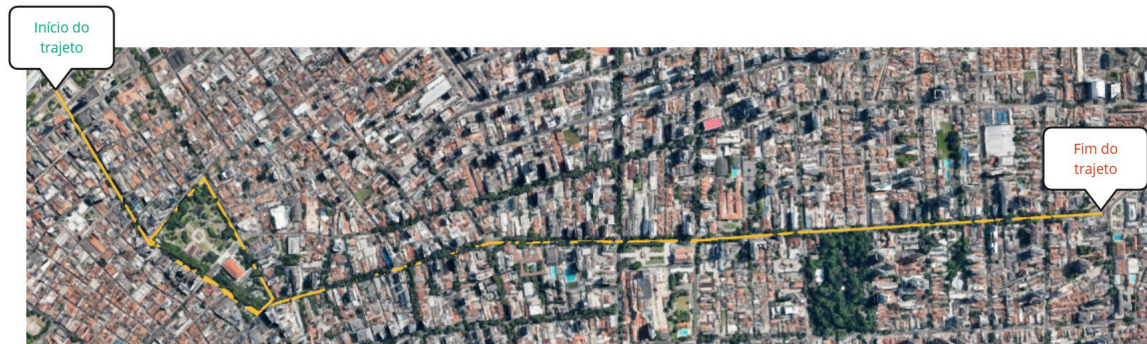
3.8.1 O trajeto do projeto

O trajeto pretendido (figura 34) inicia na origem da Avenida Presidente Vargas, fazendo uma volta inteira na Praça da República, seguindo direto pela Avenida Nazaré e finalizando o trajeto no final da Avenida Magalhães Barata em frente ao Mercado de São Brás. A intenção deste trajeto é mostrar as construções do trecho, pois, como citado por CHAVES; MIRANDA (2016) no item 2.2.2, é o ponto no qual inicia a verticalização da cidade de Belém.

O trajeto planejado foi extraído da ferramenta Google Earth³³ para obter uma visão geral do passeio virtual. De acordo com a ferramenta, o trajeto completo tem cerca de 4,84 km até o seu término. Durante este percurso, o usuário deve ver e ouvir informações dos modelos 3D mapeados.

³³ Google Earth - (GOOGLE, 2019)

Figura 34. Trajeto planejado para o projeto Vintage Car adaptado do Google Earth.



Fonte: Autoria própria (2025)

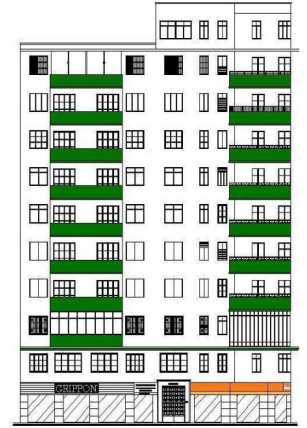
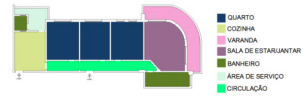
Deve-se notar que, embora este represente o escopo completo planejado para o projeto, a versão do protótipo desenvolvida e avaliada neste trabalho implementou o trecho inicial deste percurso, concentrando-se na Avenida Presidente Vargas e seu entorno imediato, conforme detalhado nas limitações do estudo (Seção 5.1).

3.8.2 Vias e prédios da cidade

As ruas e avenidas (tabela 6), assim como os prédios, foram representadas conforme fotos datadas entre os anos 40 e 50, haja vista que tais construções sofreram poucas alterações durante os tempos. Foram pesquisadas as texturas mais adequadas para aplicar aos modelos. Caso o não fossem encontradas, estas texturas seriam criadas em editores de imagens para simular de forma correta.

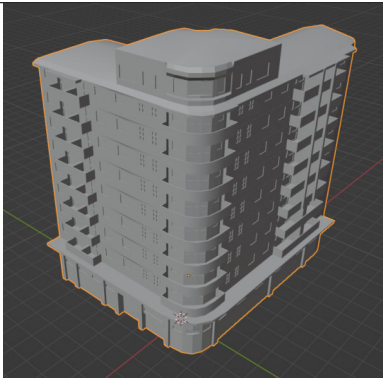
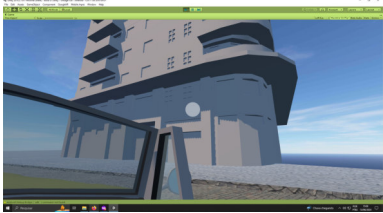
Devido ao fato de algumas fotos serem em preto e branco, houve a tentativa de encontrar documentações com as informações de cores, caso não fossem encontradas também passariam pelo processo de abstração em editores de imagens.

Tabela 6. Referências de modelagem e texturização para prédios e vias.

	Foto de referência de 1949, Edifício Piedade(FAU, 2014).
	Corte de referência para modelagem e texturização de ruas e avenidas.
	Corte de referência para modelagem do prédio no Blender.
	Fachada do edifício Piedade, desenhada por Izabela de Melo (CHAVES; MIRANDA, 2016).
	Planta baixa original (CHAVES; MIRANDA, 2016).
	Foto capturada em 2017 (Autoria própria (2017)).

Após a pesquisa por referências documentais e visuais, foi iniciada a modelagem no Blender seguindo as principais características. Os modelos foram exportado para o formato FBX (FilmBoX)³⁴, pois é um formato em que é compatível com a Unity 3D, fornece mais dados dos modelos e é mais difundido para criação de jogos e experiências virtuais. A tabela 7 mostra o resultado final da modelagem.

Tabela 7. Resultado final da modelagem do edifício Piedade.

	Modelo construído no Blender.
	Modelo inserido no protótipo junto com a texturização da avenida.

Fonte: Autoria própria (2024)

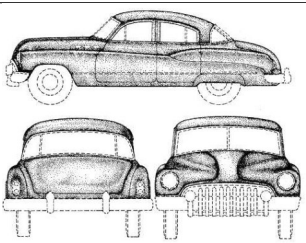
3.8.3 Veículos e objetos

Tanto os veículos quanto os objetos genéricos, tais como mesas, cadeiras e postes, receberam as mesmas metodologias de pesquisa das avenidas e prédios, contudo receberam tratamentos mais específicos de suas características, dado que não foram encontradas plantas ou documentos de especificação destes objetos.

Para uma melhor visualização do usuário com o dispositivo em frente aos olhos, o carro adotado foi o Ford Buick de 1950, uma vez que oferece uma versão de capota conversível, e assim facilitando a visualização dos prédios durante o passeio.

³⁴ FBX - (ADOBE, 2024b)

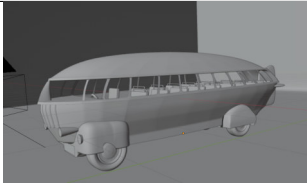
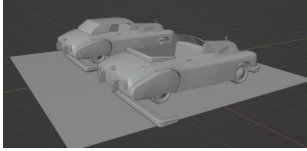
Tabela 8. Referências de modelagem e texturas para veículos.

	Fotos de referência do ônibus Zeppelin(ANTIGOS, 2008) construído nos anos 40.
	Foto de referência do Ford Buick de 1950(MO-MENTCAR.COM, 2024).
	Desenho esquemático do Ford Buick de 1950(DRAWINGS, 2014).

Fonte: Autoria própria (2024)

Após a coleta de material e estudos documentais e visuais, foi iniciada a modelagem no Blender seguindo as principais características. Assim como os prédios, os modelos foram exportados para o formato FBX de compatibilidade com a Unity 3D. A tabela 9 mostra o resultado final da modelagem dos veículos. Foram criadas duas versões do Ford Buick na modelagem, pois para o projeto, há uma necessidade de popular as vias com carros diferentes para passar a sensação de trânsito urbano.

Tabela 9. Resultado final da modelagem dos veículos.

	Modelo do ônibus Zeppelin criado no Blender.
	Modelos em duas versões do Ford Buick 1950.
	Ônibus Zeppelin inserido no protótipo.
	A versão conversível do Ford Buick inserida no protótipo.

Fonte: Autoria própria (2024)

Assim como os veículos, o método de coleta de informações foi o mesmo. No caso de objetos, houve uma dificuldade em identificar os detalhes através das fotos, visto que, por serem objetos menores e menos relevantes (tabela 10), foi necessário abstrair conceitos artísticos presentes neles.

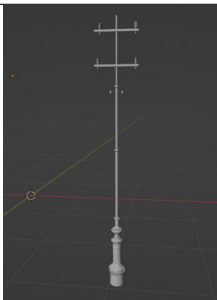
Tabela 10. Referências para a modelagem de objetos.

	Foto de referência para o objeto poste (FAU, 2014) na Avenida Presidente Vargas.
	Corte da foto para referência do poste.

Fonte: Autoria própria (2024)

Após a coleta de informações visuais, foi iniciada a modelagem no Blender seguindo as principais características. Assim como os veículos, os modelos foram exportados para o formato FBX de compatibilidade com a Unity 3D. A tabela 11 mostra o resultado final de um exemplo da modelagem de objetos.

Tabela 11. Resultado da modelagem de objetos.

	Resultado da modelagem do poste recriado no Blender.
	Objeto poste inserido no protótipo.

Fonte: Autoria própria (2024)

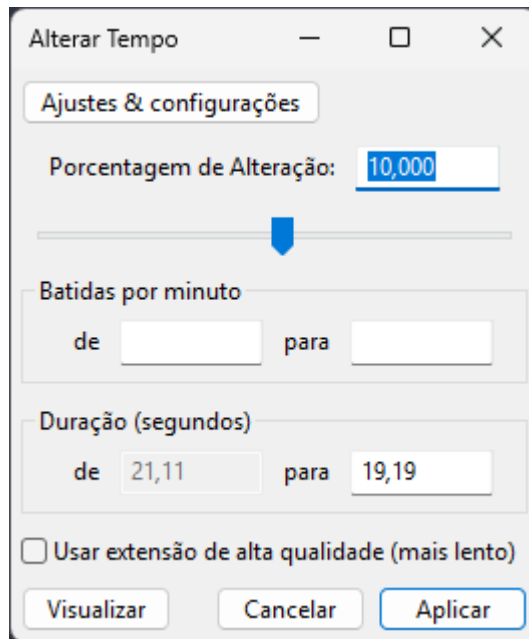
3.9 Criação do áudio

O áudio narrativo para as legendas descritivas foi gerado e processado utilizando um conjunto de ferramentas de sintetização e edição de voz. Neste caso, foram utilizadas duas ferramentas para compor o áudio final de cada modelo narrado. O *Eleven Labs* (ELEVENLABS, 2024) foi utilizado para a geração de voz a partir de textos com melhorias através de inteligência artificial generativa (FITO-CARRERAS; VIDAL-MESTRE; FREIRE-SANCHEZ, 2025). As configurações para a geração de áudio seguiram os seguintes padrões estabelecidos na ferramenta:

- Voz base: Giovanni (*Legacy*)
- *Speed*: 1.00
- *Stability*: 50%
- *Similarity*: 73%
- *Exaggeration*: 0
- *Speaker Boot*: Ativado

Para cada áudio gerado e aprovado, foi feito tratamento posterior para adequar a velocidade do carro à narração gerada. Foi utilizado a ferramenta *Audacity* (AUDACITY, 2019) com efeito de manipulação de tempo, com velocidades entre +10 e +15 pontos, tendo em vista que velocidade original pós-geração deixava a narração mais lenta em relação à velocidade do usuário, e assim sobrepondo narrações entre as visualizações dos modelos. A figura 35 mostra a configuração específica para a alteração de tempo na ferramenta *Audacity*.

Figura 35. Tela de configuração do efeito de tempo da narração do texto na ferramenta *Audacity*.



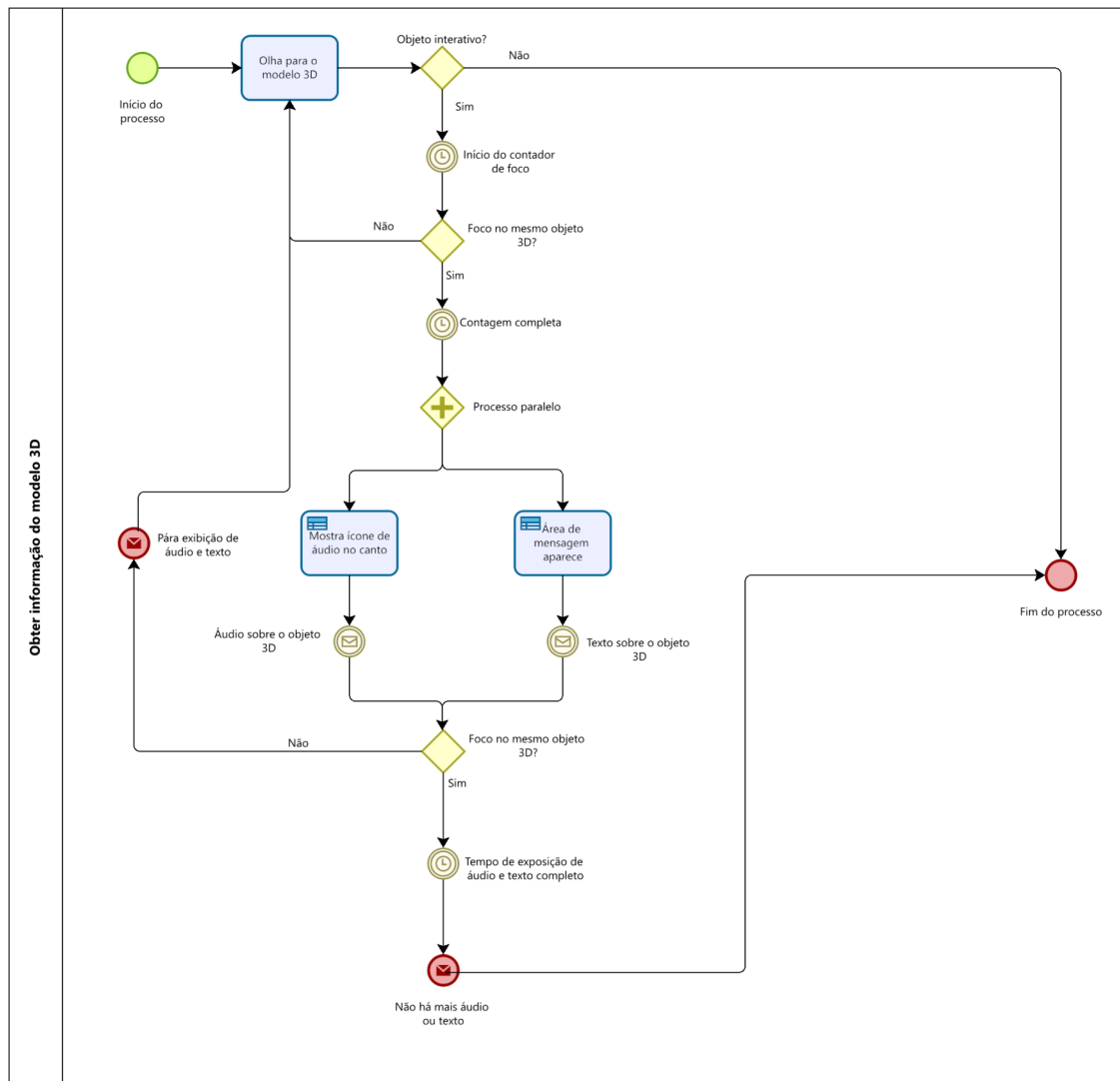
Fonte: Autoria própria (2025)

3.10 Modelagem de processos da mecânica

A mecânica da simulação 3D segue uma série de passos até finalizar o ciclo completo da interação do usuário para a função requerida. As imagens dos processos foram criadas na ferramenta Bizagi³⁵ para um melhor entendimento sobre a construção das funções de interação. A figura 36 mostra o processo da principal função de interação do usuário para obter informações sobre os modelos históricos do ambiente.

³⁵ Bizagi - (BIZAGI, 2024)

Figura 36. Processo de interação de obtenção de informação do modelo 3D.



Fonte: Autoria própria (2024)

O processo desta mecânica inicia quando o usuário olha para um modelo 3D que tem informações, o sistema verifica se este objeto, dentre vários, é interativo ou não, em caso positivo ele inicia o contador de foco com tempo de 4 segundos (3 segundos para manter o foco e 1 segundo para a confirmação do foco), ao manter o foco no objeto até o contador acabar, as informações do objeto são exibidas em texto na tela para leitura, e o áudio do texto é tocado ao mesmo tempo. As informações do objeto deixarão de ser exibidas após o término do áudio do texto ou quando o usuário focar em outro objeto com o término do contador. Caso o usuário olhe para outro objeto com o as informações do objeto anterior sendo exibidas ao mesmo tempo, as informações anteriores continuam sendo exibidas até que o contador de foco seja completado para o novo objeto.

3.11 Protótipo da Aplicação

A aplicação de tecnologias como a RV, tem se mostrado uma ferramenta poderosa no resgate e preservação da herança histórico-cultural. Neste contexto, os protótipos computacionais desempenham um importante papel, permitindo a recriação de ambientes, objetos e experiências históricas de forma imersiva e interativa. A utilização de protótipos computacionais em projetos de RV proporciona uma plataforma inovadora para a simulação, avaliação e aprimoramento contínuo das representações históricas, garantindo a precisão e a autenticidade das recriações, além de fomentar novas formas de pesquisa e colaboração interdisciplinar. Assim, a integração dessas tecnologias na área de resgate histórico-cultural não apenas preserva memórias e identidades, mas também abre novas possibilidades para a interpretação e a valorização do passado coletivo.

PRESSMAN (2006) declara que a prototipação pode assumir uma das seguintes formas:

1. Um protótipo em papel ou modelo fundamentado em computador demonstrando a interação homem-máquina de modo que o usuário possa compreender quanta interação ocorrerá;
2. Um protótipo de trabalho implementando algum subconjunto da função exigida pelo usuário no produto desenvolvido;
3. Um protótipo que executa parte ou toda a função desejada, mas que apresenta outras características que deverão ser melhoradas nas etapas subsequentes.

Para este projeto, no centro da tela, encontra-se o ícone apontador de elementos e logo abaixo encontra-se o nome do elemento registrado no ambiente virtual, em cor branca com alfa 255 (transparência 0%), mostrado na figura 37.

Figura 37. Tela *In-game Object Target*



Fonte: Autoria própria (2024)

A figura 38 mostra a visão correspondente à utilização de um dispositivo de realidade virtual ou dispositivo móvel adaptado separado duas imagens, uma para cada olho.

Figura 38. Representação da aplicação simulando a visão em um dispositivo de RV



Fonte: Autoria própria (2024)

A figura 39 mostra uma representação do Edifício Banpará, um prédio localizado no centro de Belém. Na parte inferior da imagem, há o ícone de fala e o texto que descreve o contexto histórico do edifício, que diz: "A construção do prédio do Banpará começou na década de 1950, em um período de crescimento econômico e urbanístico de Belém, e sua inauguração ocorreu em 1963. O prédio é um marco em Belém, e sua modernista, com linhas retas e uma fachada imponente, representando a modernização e o progresso que Belém vivia na época."

Figura 39. Aplicação dos conceitos no protótipo



Fonte: Autoria própria (2025)

Na tela representada pela figura 40, encontram-se a logomarca do projeto ao centro e no topo, os botões quadrados com bordas arredondadas, palavras descrevendo as possíveis ações dentro dos botões, o apontador de elementos para acionar o botão e o um modelo 3D aramado representando um modelo de um carro da época.

Os botões devem ter formas e tamanhos adequados para que o usuário possa escolher confortavelmente, através do apontador de elementos, uma das ações: Sobre o Projeto, Jogar ou Sair.

Figura 40. Tela de menu principal



Fonte: Autoria própria (2025)

O botão Sobre o projeto, descreve as informações os integrantes do projeto. O botão Jogar inicia o passeio. O botão Sair fecha a aplicação, direcionado o usuário para a área de trabalho do dispositivo. Durante o passeio, é possível voltar ao menu principal olhando para o rádio do carro. Neste momento, o botão Jogar é substituído pelo botão Reiniciar.

3.11.1 Repositório da aplicação

Todos os arquivos do projeto foram criados em computadores pessoais com os devidos programas para o desenvolvimento do protótipo. Cada objeto 3D e parte do código da Unity 3D foi enviado para um repositório virtual do GITHUB³⁶, pois com isto é possível fazer compartilhamento de arquivos e realizar controles de versão de projetos de software. Este projeto está disponível através do endereço: <https://github.com/elinaldoazevedo/VintageCar>.

A estrutura do repositório segue o padrão estabelecido como de qualquer projeto de software ou jogo feito na Unity3D:

1. **Raiz principal:** Nesta pasta estão presentes todos os arquivos e estrutura de pastas que servem de base para o projeto, incluindo o arquivo executável do simulador.
2. **Assets:** Nesta pasta são encontrados todos os arquivos necessários para a estética e mecânica do projeto. Arquivos de modelos 3D, áudio, texturas, configuração de ambiente, textos e outros arquivos importantes para o funcionamento do protótipo.
3. **Packages:** Nesta pasta encontram-se somente os arquivos de licenças de uso da Unity3D.
4. **ProjectSettings:** Esta pasta contém todos os arquivos de configuração e estrutura de arquivos do projeto.
5. **Source:** Esta pasta é um local de repositório temporário, em que os arquivos de código, modelos 3D, áudio, texturas e outros transitam para as suas pastas específicas do projeto.

³⁶ GITHUB (2024)

4 Avaliação do protótipo

4.1 Descrição da avaliação

Neste estudo, o modelo de avaliação escolhido foi a norma ISO/IEC (2023), por se tratar de um modelo de avaliação de qualidade de produto através da sua usabilidade, consequentemente possibilitando avaliar sua interface. A aplicação de um formulário *online* baseado na ISO/IEC 25010 foi implementado como parte do processo de avaliação do protótipo em RV. A avaliação ocorreu após a conclusão da versão 2 do protótipo, com o objetivo de identificar pontos fortes e limitações, além de guiar melhorias futuras. Este formulário foi elaborado para coletar percepções de usuários e especialistas em relação às principais dimensões de qualidade definidas pela norma, incluindo eficácia funcional, usabilidade, confiabilidade, e experiência do usuário.

O formulário foi aplicado de forma *online* na plataforma GOOGLE (2019), dentro do evento XibéSec 2024 (HEKATE, 2024) e pode ser visto de forma completa em Anexo B. O XibéSec 2024, realizado em 23 de novembro de 2024, foi selecionado como local da avaliação devido à sua característica de ser um evento cujo público-alvo demonstra maior familiaridade com o uso de tecnologias, pois aconteciam palestras e exposições sobre tecnologias de segurança da informação. Adicionalmente, a proximidade da data do evento em relação à conclusão do desenvolvimento do protótipo foi um fator determinante para sua escolha. Foi disponibilizada uma sala, junto com outros expositores, em que os usuários pudessem sentar durante a utilização do protótipo. Duas versões do protótipo foram utilizadas para a exposição, uma versão para a plataforma de *smartphone* e outra para a plataforma Oculus Quest 2 (QUEST, 2024). Ambas as versões ofereciam as mesmas funcionalidades e características do cenário. Para a versão de *smartphone*, foi utilizado o aparelho Samsung Galaxy A25³⁷ utilizando um acessório *headset VR* para o equipamento³⁸.

Foram disponibilizadas fichas físicas do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), disponível no Anexo A, para voluntários da pesquisa, e foi fixado na parede um impresso do *QR-Code* gerado com o endereço do formulário *online*, assim os voluntários poderiam avaliar logo após utilizar o protótipo. O evento ocorreu em apenas um dia e durou de 09:00 às 19:00. A coleta dos dados ocorreu durante este horário na sala disponível, foram 35 respostas, no entanto, foram excluídas 3 destas, pois houveram datas de nascimento preenchidas com o ano corrente e assim invalidando sua faixa etária.

Após a finalização do evento, foi feita a análise dos dados e filtragem de erros de

³⁷ <https://www.gsmarena.com/samsung_galaxy_a25-12555.php>

³⁸ <<https://pt.shinecon.com/vr-glasses/vr-glasses-for-mobile-phone/3d-vr-box-with-headphone.html>>

preenchimento. Foram coletadas 32 respostas válidas dos voluntários no formulário. O público do evento, de forma geral, eram adultos, estudantes acima de 18 anos e todos foram informados sobre a pesquisa deste trabalho.

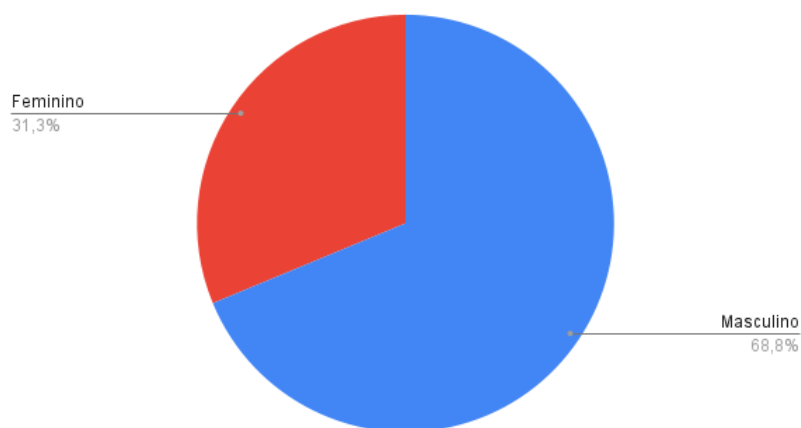
4.2 Resultados

Foram avaliadas duas versões do protótipo: uma para o Oculus Quest 2 e outra para *smartphone* com um acessório de visualização 3D. Os voluntários foram posicionados lado a lado, cada um utilizando um dos dispositivos. O participante que utilizou o Oculus Quest 2 pôde permanecer sentado, pois o sistema permite reiniciar a interface e alinhar a visão do usuário com a câmera do protótipo. Já o voluntário que utilizou o *smartphone* precisou ficar em pé e girar o corpo para ajustar sua visão à câmera do protótipo. Apesar dessa diferença na forma de interação, ambas as versões apresentavam o mesmo conteúdo e mecânica.

Para realizar o mapeamento do perfil dos voluntários no processo de avaliação, foi estabelecida a aquisição dos seguintes atributos: Gênero, Faixa etária, Escolaridade e Ocupação. Os demais dados foram coletados através do método da avaliação ISO/IEC 25010:2023.

A figura 41 mostra que 68,8% dos respondentes se identificaram como do gênero masculino, representados pela porção azul do gráfico. Já 31,3% dos respondentes se identificaram como do gênero feminino, representados pela porção vermelha.

Figura 41. Gênero dos voluntários

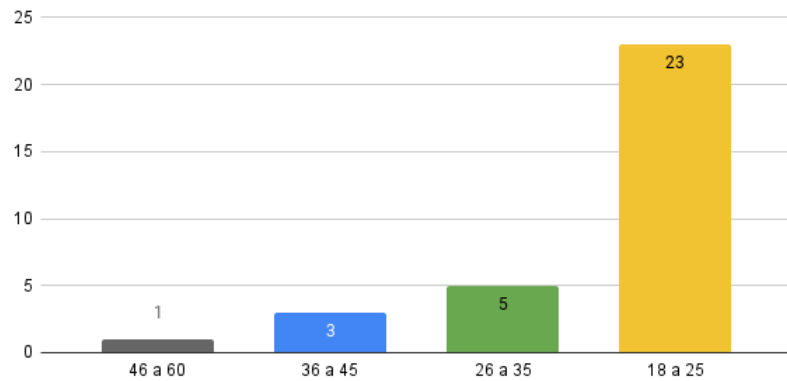


Fonte: Autoria própria (2024)

A figura 42 ilustra a distribuição etária dos participantes da pesquisa, em que se observa a faixa etária de 18 a 25 anos possui a maior concentração de participantes, totalizando 23 pessoas, seguida pela faixa de 26 a 35 anos, com 5 respondentes, e pela faixa

de 36 a 45 anos, com 3 participantes. Por fim, a faixa etária de 46 a 60 anos apresenta o menor número de respondentes, com apenas 1 pessoa. Isso demonstra que a maioria dos participantes está concentrada entre 18 e 25 anos, com uma redução gradativa nas faixas etárias seguintes.

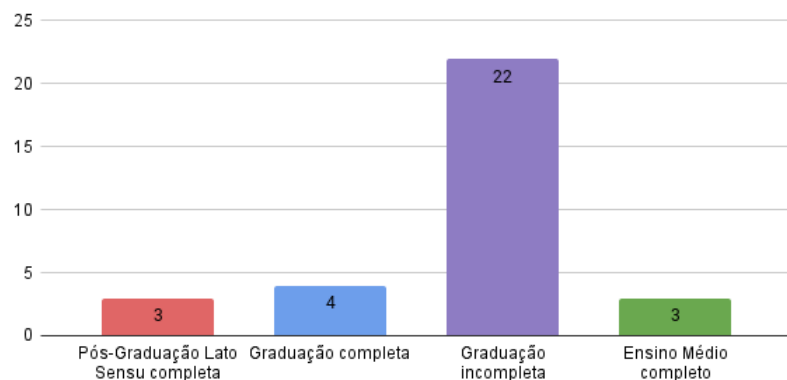
Figura 42. Faixa etária dos participantes



Fonte: Autoria própria (2024)

A figura 43 apresenta informações sobre a Escolaridade, mostrando a grau de Escolaridade dos participantes em diferentes categorias. A categoria com maior contagem é "Graduação incompleta" com 22 pessoas, haja vista que são estudantes universitários vistos na figura 44. As outras categorias são "Pós-Graduação Lato Sensu completa" com 3 pessoas, "Graduação completa" com 4 pessoas, e "Ensino Médio completo" com 3 pessoas. O gráfico fornece uma visão geral da distribuição da Escolaridade entre os dados apresentados.

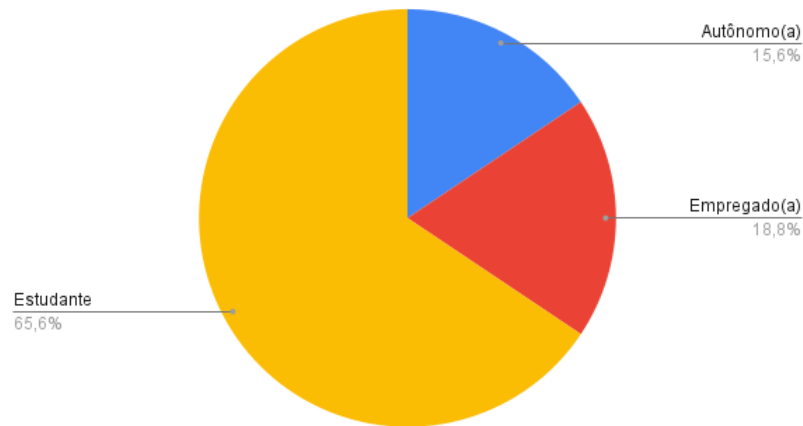
Figura 43. Escolaridade dos participantes



Fonte: Autoria própria (2024)

O figura 44 de pizza apresenta informações sobre a ocupação das pessoas, mostrando que a maior parte são "Estudantes", com 65,8% do total. Em seguida, aparecem os "Empregados", com 18,3%, e os "Autônomos", com 15,6%.

Figura 44. Ocupação dos participantes



Fonte: Autoria própria (2024)

Para a avaliação dos itens de interface, foi montado, no formulário, o método da própria avaliação da ISO/IEC 25010:2023, com uma escala de 0 a 4, no qual o menor valor é o menos relevante e o maior valor é o mais relevante para o julgamento do usuário. A figura 45 mostra um dos itens do formulário que foi avaliado pelo usuário. Todas os itens estão disponíveis no Anexo B.

Figura 45. Item sobre aprendizagem no formulário *online*

7. **Aprendizagem ***

Identifica a facilidade de aprendizado do produto para os seus potenciais usuários. Qual o grau de adequação das funcionalidades do software para o aprendizado do usuário?

Marcar apenas uma oval.

0 1 2 3 4

Não ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Totalmente Adequada

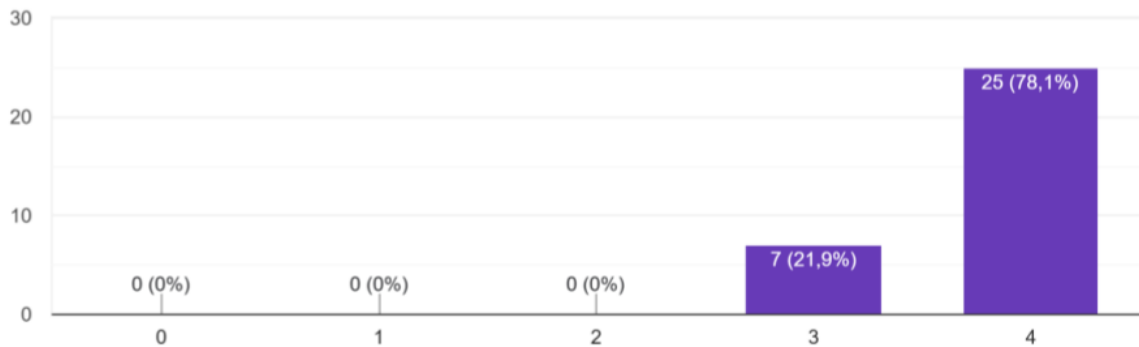
8. Comentário sobre Aprendizagem

Fonte: Autoria própria (2024)

A partir de então, os resultados foram compilados à medida em que os participantes foram utilizando a aplicação e em seguida respondendo ao formulário. O primeiro item a ser avaliado foi **Reconhecimento de adequação**, em que se refere à facilidade com que o usuário entende as funcionalidades de um produto e avalia se ele atende às suas

necessidades específicas. A figura 46 mostra um total de 32 respostas. A maioria, 25 respostas (78,1%), corresponde à pontuação 4. As 7 respostas restantes (21,9%) estão na pontuação 3. Não há respostas para as pontuações 0, 1 ou 2.

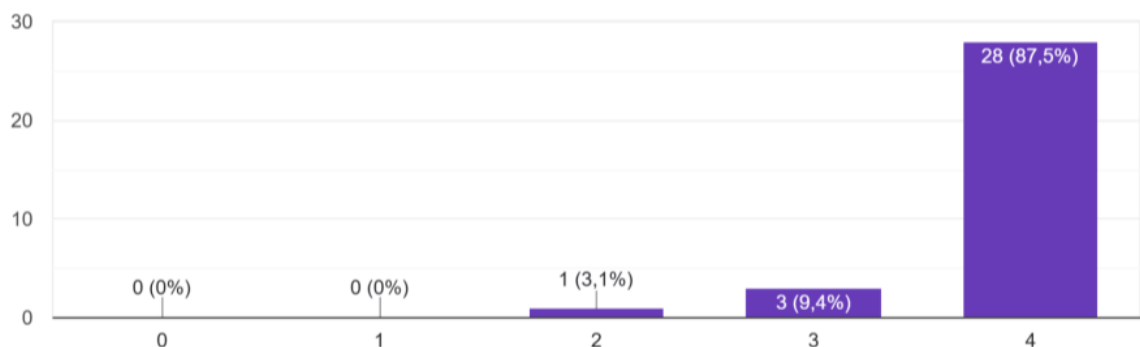
Figura 46. Resultado sobre Reconhecimento de Adequação



Fonte: Autoria própria (2024)

A figura 47 mostra dados sobre a **Aprendizagem** que avalia a facilidade com que os usuários potenciais podem aprender a utilizar o produto. A análise considera o nível de adequação das funcionalidades do *software* em apoiar e facilitar o aprendizado do usuário. A grande maioria, 28 respostas (87,5%), corresponde à pontuação 4. Em seguida, 3 respostas (9,4%) estão na pontuação 3 e apenas 1 resposta (3,1%) na pontuação 2. Não há respostas nas pontuações 0 ou 1.

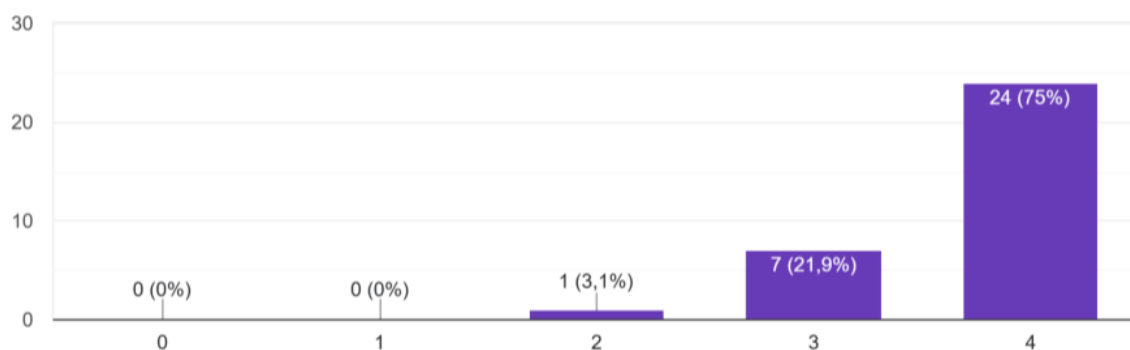
Figura 47. Resultado sobre Aprendizagem



Fonte: Autoria própria (2024)

A figura 48 mostra informações sobre a **Operacionalidade** na qual refere-se à capacidade do produto de simplificar sua operação para o usuário. A maioria, 24 respostas (75%), está na pontuação 4. Em seguida, 7 respostas (21,9%) estão na pontuação 3 e 1 resposta (3,1%) na pontuação 2. Não há respostas nas pontuações 0 ou 1.

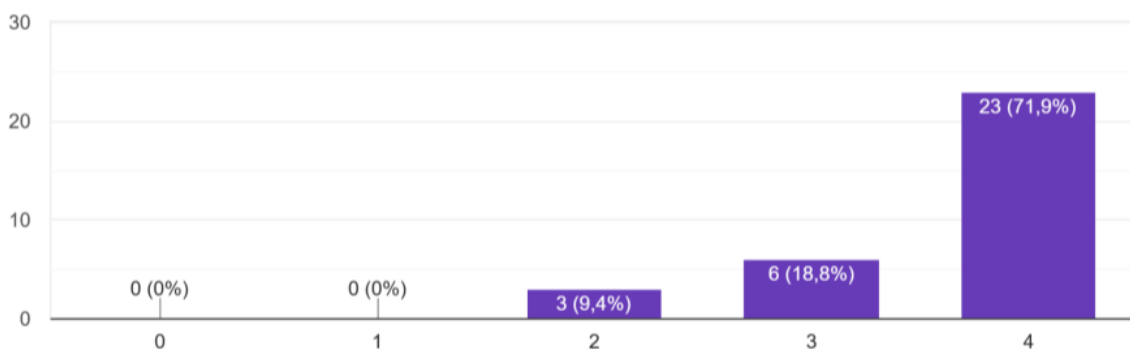
Figura 48. Resultado sobre Operacionalidade



Fonte: Autoria própria (2024)

A figura 49 mostra informações sobre a **Proteção Contra Erros do Usuário** em que avalia como o produto auxilia na prevenção e no tratamento de erros durante seu uso. A grande maioria, 23 respostas (71,9%), corresponde à pontuação 4. Em seguida, 6 respostas (18,8%) estão na pontuação 3 e 3 respostas (9,4%) na pontuação 2. Não há respostas nas pontuações 0 ou 1.

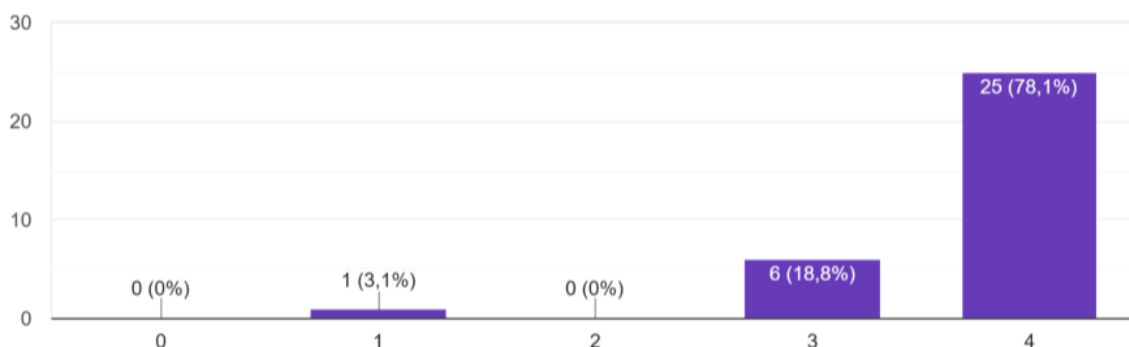
Figura 49. Resultado sobre Proteção contra erros do usuário



Fonte: Autoria própria (2024)

A figura 50 mostra informações sobre a **Estética da Interface do Usuário** na qual analisa se a interface do produto proporciona uma experiência agradável e satisfatória ao usuário. Avalia-se o nível de atratividade do *software*, considerando o uso harmonioso de cores e a adequação dos estilos de interação. A maioria, 25 respostas (78,1%), corresponde à pontuação 4. Em seguida, 6 respostas (18,8%) estão na pontuação 3 e 1 resposta (3,1%) na pontuação 1. Não há respostas nas pontuações 0 ou 2.

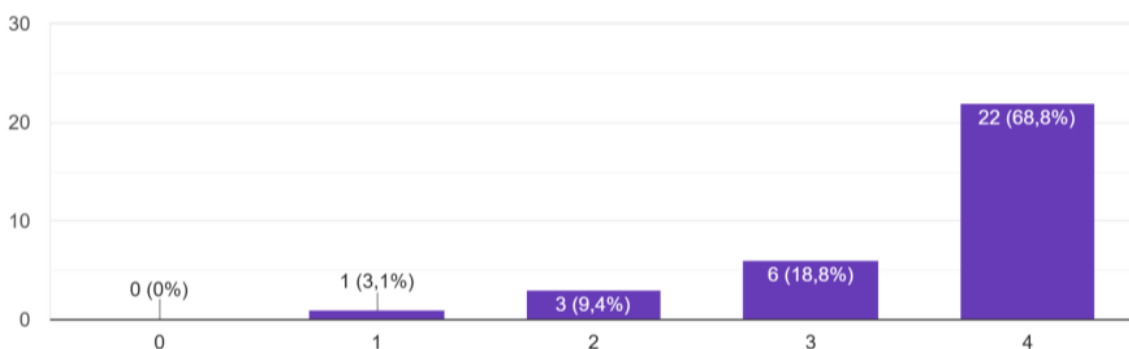
Figura 50. Resultado sobre Estética da Interface do usuário



Fonte: Autoria própria (2024)

A figura 51 apresenta informações sobre a **Acessibilidade** na qual refere-se à capacidade do produto de ser utilizado por pessoas com diferentes características e habilidades. A maioria, 22 respostas (68,8%), corresponde à pontuação 4. Em seguida, 6 respostas (18,8%) estão na pontuação 3 e 3 respostas (9,4%) na pontuação 2. Não há respostas nas pontuações 0 ou 1.

Figura 51. Resultado sobre Acessibilidade



Fonte: Autoria própria (2024)

4.3 Discussões dos resultados

Observa-se com os dados coletados, que, por se tratar de um evento técnico voltado para o mercado de trabalho, o perfil médio dos participantes eram estudantes de graduação, na faixa entre 18 e 25 anos, do sexo masculino e que ainda não estavam empregados efetivamente.

Foram observados alguns comentários opcionais para cada item da interface e que podem servir de base para melhorias do protótipo. Dentro destas considerações, serão

mostradas apenas os comentários desfavoráveis observados:

1. **Reconhecimento de Adequação:** Não houveram comentários desfavoráveis.
2. **Aprendizagem:** Houve apenas um comentário desfavorável “A dificuldade da leitura das informações na tela afeta o aprendizado do consumidor.”. Apesar do sistema ter uma narração do texto, este comentário é relevante para melhoria visual do texto apresentado.
3. **Operacionalidade:** Não houveram comentários desfavoráveis.
4. **Proteção Contra Erros do Usuário:** Não houveram comentários desfavoráveis.
5. **Estética da Interface do Usuário:** Houve apenas um comentário desfavorável “Satastifatoria podendo melhorar... senti falta do motorista”, contudo é uma percepção a se considerar para alcançar um grau de realismo superior para próximas versões, pois não faz sentido um carro de 1950 ser guiado sem um motorista.
6. **Acessibilidade:** Este item foi o que mais houve comentários desfavoráveis e pontuações menos relevantes. Para os comentários: “Tive um pouco de dificuldade de ver o conteúdo com nitidez pois possuo miopia, mas o áudio do *software* auxiliou a entender o conteúdo” e “os fundo de garrafa como eu vão aproveitar com dificuldade....no meu caso tenho um olho não desenvolvido...”, percebe-se que está relacionado às limitações técnicas das plataformas Oculus Quest 2 e Headset VR, pois existe um ajuste físico nas lentes mas não abraça todos os tipos de acuidades visuais. Para o comentário: “Não possui opção de acessibilidade visual (enxergar com um único olho)”, não foi possível detectar uma dificuldade elevada na visualização dos modelos, botões e outros elementos visuais, contudo percebe-se um leve corte na caixa de texto fazendo algumas letras do texto não aparecerem. Estima-se fazer uma correção para comportar o texto completo para o usuário.

A avaliação do protótipo transcende a mera coleta de dados, exigindo uma discussão que articule os resultados empíricos com o estado da arte estabelecido pela Revisão Sistemática da Literatura (RSL). Este processo de triangulação, conectando os achados da literatura pesquisada, os dados da avaliação e o *feedback* dos participantes, é essencial para validar as contribuições do trabalho e contextualizar seus achados.

As boas práticas identificadas na RSL, como o uso da *game engine Unity 3D* e a modelagem baseada em pesquisa documental, foram aplicadas diretamente no desenvolvimento. A eficácia dessa decisão é corroborada pelos resultados da avaliação, onde os usuários expressaram alta satisfação com a “Estética da Interface” e o “Reconhecimento de Adequação”. Isso demonstra que as práticas validadas pelas literaturas selecionadas

(A1, A4, A5, A7, A10, A11 e A12 - Tabela 4), quando implementadas, resultaram em uma experiência imersiva bem-sucedida.

Um ponto de contribuição do projeto foi a opção por uma mecânica de interação minimalista, baseada em foco visual, para simplificar a usabilidade. As literaturas (A1 e A9 - Tabela 4) apontam para diversos métodos de interação, mas a validação empírica desta abordagem, com notas máximas em “Aprendizagem” e “Operacionalidade”, confirma que a simplicidade é altamente eficaz para o contexto de um passeio cultural, uma contribuição relevante para a área.

Por fim, a triangulação também permite contextualizar as limitações. O *feedback* de participantes sobre dificuldades de visualização para usuários com miopia mostra os desafios de acessibilidade em *hardware* de RV já discutidos na literatura (A3 e A8 - Tabela 4). Assim, os dados empíricos não apontam uma falha isolada, mas situam o protótipo dentro dos desafios persistentes do campo de pesquisa, conforme identificado pela RSL.

5 Considerações Finais

5.1 Sumarização

Durante a Revisão Sistemática da Literatura (RSL), foram encontrados trabalhos bem esclarecedores sobre o estado da arte no que diz respeito ao uso de Realidade Virtual (RV) para o resgate histórico e cultural. Levando em consideração que um conteúdo histórico e cultural pode ser ensinado, também foi constatado de que o uso deste conteúdo poder ser inserido dentro de Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA) para professores, alunos e quaisquer pessoas interessadas no tema.

A metodologia da RSL utilizada durante esta pesquisa se mostrou bem eficaz com a ferramenta Escritha (SILVA, 2024), pois deixou a revisão organizada e precisa através do preenchimento dos campos e geração de metadados. Já nas questões de pesquisa, das 5 perguntas (item 2.3.1), quatro foram respondidas pelos achados da literatura. A questão Q2 (**“Quais aplicações são ambientadas em Belém do Pará?”**) foi fundamental, pois a RSL não retornou nenhum trabalho, confirmando a lacuna que justifica esta pesquisa. A resposta da RSL para a Q2 é, portanto, a identificação de uma ausência de publicações, e este trabalho é a primeira contribuição para preenchê-la. O fluxo PRISMA mostrou-se bem eficaz na seleção dos trabalhos da pesquisa, tornando esta bem organizada e estruturada, e também foi auxiliado pela ferramenta Escritha. Aqui é importante destacar que, a utilização de uma ferramenta de auxílio no fluxo corrobora para uma melhor andamento da pesquisa. Além do fluxo, ferramentas de construção de gráficos através de planilhas deixam os dados mais organizados e visualmente mais entendíveis para os leitores.

Doze trabalhos foram selecionados para esta pesquisa, contudo foi possível extrair informações importantes para temas que utilizam a RV como plataforma de ensino, dispositivos mais utilizados, programas utilizados na construção de protótipos, conteúdos interativos e conteúdos de resgate histórico e cultural. Também foi constatado que os públicos variam muito dependendo do tipo de conteúdo apresentado na aplicação, mas que podem atrair outros públicos dependendo da apresentação deste conteúdo, tais como projeções e Realidade Aumentada (RA). Em todos os trabalhos pesquisados que apresentaram comparações de públicos, houve um aumento no engajamento e absorção de conhecimento das pessoas que utilizaram algum conteúdo em RV.

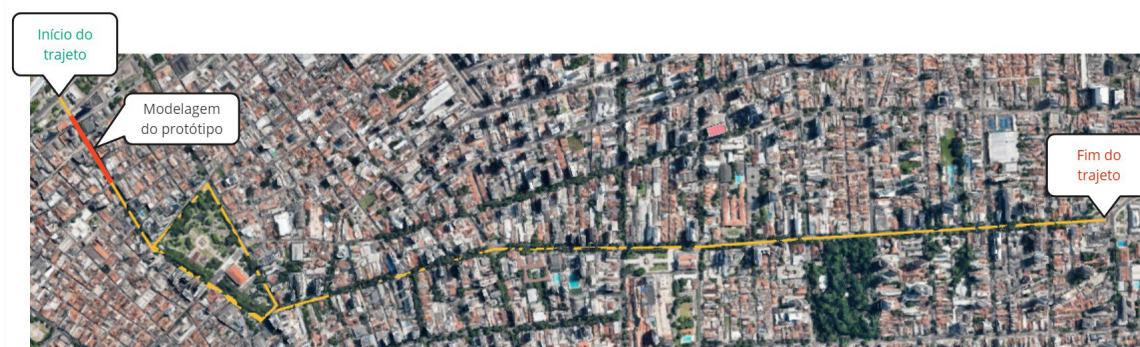
Em observância relacionado à análise da questão de pesquisa 5, **“Quais os resultados gerados pelas aplicações?”** (Q5 - seção 2.3.1), foi um pilar estratégico para a versão do protótipo. O aprendizado extraído não foi meramente teórico; ele se traduziu em decisões práticas que moldaram tanto o desenvolvimento quanto a avaliação do protótipo.

Primeiramente, na metodologia de avaliação, a RSL revelou o uso recorrente de métodos padronizados, como a escala *Likert*, em outras aplicações de sucesso. Este conhecimento motivou a adoção de um instrumento de avaliação formal, baseado na norma ISO/IEC 25010:2023, conferindo maior rigor e comparabilidade aos resultados empíricos coletados. Em segundo lugar, no design da interação, os resultados de outras aplicações indicaram que o engajamento do usuário em RV é potencializado por interfaces intuitivas. Com base nisso, optou-se por uma mecânica minimalista de foco visual para simplificar a usabilidade e priorizar a absorção do conteúdo histórico. A eficácia desta decisão foi validada empiricamente, com o protótipo recebendo altas avaliações nos quesitos de “Aprendizagem” e “Operacionalidade”, confirmando que a aplicação prática do aprendizado da RSL resultou em uma experiência de usuário positiva e eficaz. Dessa forma, o conhecimento derivado da Q5 permitiu que o projeto não apenas seguisse boas práticas, mas também validasse suas escolhas estratégicas através de resultados concretos.

Quanto ao desenvolvimento do protótipo, houve uma descoberta na integração das áreas de pesquisa, em que 7 disciplinas foram mapeadas e integradas para criação do protótipo. A multidisciplinaridade torna-se um fator que enriquece a proposta do tema, contudo proporciona mais pesquisas de áreas distintas e o alinhamento de conhecimento apresentado para compor a base teórica. A escolha do desenvolvimento do protótipo através do *Design Thinking* unido com a estrutura MDA, mostrou-se eficaz para a integração das áreas de pesquisa, pois são conceitos e técnicas já estabelecidas pelo mercado e pela academia. Durante o processo de desenvolvimento, foi necessário estabelecer diagramas de fluxo para auxiliar no desenho das ações do usuário dentro do sistema, haja vista que um ambiente virtual 3D torna-se mais complexo quando são acrescentados comandos que utilizam tecnologias de rastreamento de movimento.

No que se diz respeito à interface e ao protótipo em si, o processo de criação iniciou com o conceito inicial, desenvolvimento de identidade visual externa e interna à aplicação, até culminar na GDD e protótipo digital. Este processo seguiu os moldes do *Design Thinking* juntamente com conceitos de Interface Humano-Computador (IHC). A modelagem 3D dos objetos da aplicação foi a etapa mais demorada, pois houveram momentos de abstração conceitual e artística devido às informações não encontradas em fotos, vídeos e documentos pesquisados. Ao final desta versão, apenas uma parte do trajeto foi parcialmente modelado, conforme a Figura 52. A linha vermelha mostra a parte do trajeto modelado.

Figura 52. Trajeto presente na versão deste projeto.



Fonte: Autoria própria (2025)

Após as investigações através dos formulários de Avaliação de Interface (seção 4.3), foi percebida a confirmação das hipóteses (seção 1.4) levantadas neste estudo. A hipótese **H0** não foi rejeitada, uma vez que foi possível testá-la através da metodologia de construção do protótipo, utilizando o fluxo de desenvolvimento (figura 21) que também sustenta a hipótese **H1**, os conceitos de Duplo Diamante (figura 20) do *Design Thinking* (seção 3.3), mapa mental (figura 26), ciclo de produção MDA (figura 27) e heurísticas adaptadas de Nielsen (seção 3.5). A **H1** não foi rejeitada, ao passo que foi testada através do fluxo de desenvolvimento, mapa de empatia (figura 22) e criação de personas (seção 3.3.3). A hipótese **H2** não foi rejeitada, pois conforme os resultados da avaliação baseada na ISO/IEC 25010:2023, o protótipo demonstrou alto grau de aprendibilidade, com 87,5% dos usuários atribuindo a nota máxima ao item **Aprendizagem** (figura 47) e 75% atribuindo a nota máxima ao item **Operacionalidade** (figura 48), validando que a mecânica de foco visual é eficaz e de fácil domínio. Dentro destes resultados, deve-se levar em consideração que alguns detalhes precisarão ser ajustados, porém não compromete a navegação do usuário, assim descrito nas considerações da avaliação (seção 4.3), tornando a hipótese parcialmente validada. A tabela 12 revisita as hipóteses relacionando os resultados obtidos.

Tabela 12. Hipóteses e validação.

Hipóteses	A ser validado	Validação
H0	É possível utilizar técnicas de desenvolvimentos de jogos e IHC (Interface Humano-Computador) para criar uma aplicação em realidade virtual no contexto histórico-cultural.	Não rejeitada pela metodologia de construção do protótipo, baseada no fluxo de desenvolvimento.
H1	É possível criar um conteúdo digital educativo através da realidade virtual.	Não rejeitada pelo fluxo de desenvolvimento, mapa de empatia e criação de personas.
H2	O protótipo consegue alcançar um nível satisfatório de aprendibilidade, tendo como referência os critérios de Usabilidade da norma ISO/IEC 25010:2023.	Não rejeitada pelos resultados da Avaliação de Interface, especialmente nos indicadores de Aprendizagem e Operacionalidade.

Fonte: Autoria própria (2025)

5.2 Limitações do estudo

Por se tratar da construção de um ambiente virtual para o estudo de história, este projeto procurou, através da literatura, conceitos, fotos, vídeos e documentos que pudessem contribuir com sua motivação. No entanto, durante o processo de construção não houve o acompanhamento de profissionais das áreas de Educação, Arquitetura e Artes para contribuir com informações adicionais no projeto, fazendo-se de grande importância no desenvolvimento e na finalização do protótipo, haja vista que nesta versão, o trajeto não encontra-se completo e sem estimativa de tempo total de navegação. Não obstante, as informações sobre os usuários não foram aplicados formulários de coleta de dados ou entrevistas para perceber a real necessidade da aplicação, ao invés disso, foram criados usuários com base em métodos de abstração já estabelecidos para projetos de baixo impacto, como criação de *personas*. Outra limitação envolve a construção dos modelos 3D, pois de acordo com DEZEN-KEMPTER et al. (2015), a fotogrametria por lasers deixa o modelo com mais informações e mais preciso, sendo esta técnica mais adequada para edificações históricas. Contudo, a modelagem por fotos tem um custo mais baixo e proporciona um controle melhor do processo de modelagem.

5.3 Trabalhos futuros

Como mencionado nas limitações deste estudo, espera-se desenvolver uma nova versão do protótipo seguindo um método de criação de objetos 3D com mais precisão e com o acompanhamento de profissionais das áreas responsáveis. Assim será possível desenvolver uma versão mais robusta, aproximando-se mais dos fatos e características históricas relevantes sobre o tema. Também espera-se realizar o trajeto completo da proposta, inclusive com mais textos informativos sobre as construções, e enfim estimar com mais precisão o tempo total de navegação dentro da aplicação. Contudo, a análise dos trabalhos na RSL (Seção 2.4.2) revelou o uso de outras metodologias de avaliação que podem ser aplicadas futuramente, tais como elaboração de um questionários sobre doenças ou distúrbios provenientes da RV (VRSQ), aplicar a escala de engajamento, diversão e imersão (E^2I), teste de Shapiro-Wilk para distribuição dos participantes, teste alfa Cronbach para confiabilidade dos questionários, teste de Qi-Quadrado para determinar a diferença estatística dos resultados e aplicação de teste de aquisição de conhecimento antes e depois da experiência no ambiente virtual, e assim, traçando um paralelo de informações relevantes tanto para interface quanto para usuários, portanto há uma necessidade em aplicar tais métodos de avaliação futuramente. A pesquisa de avaliação de interface ISO/IEC 25010 mostrou que também é possível preparar o sistema para usuários atípicos como pessoas com deficiências visuais, motoras e cognitivas, podendo o sistema ser utilizado para fins terapêuticos, educativos ou avaliativos.

Pesquisador

/ /

ANEXO B . Ficha de avaliação *online*

26/11/2024, 14:43

Avaliação de Experiência e Interface - Vintage Car

Avaliação de Experiência e Interface - Vintage Car

Este formulário tem o intuito de coletar informações para avaliação da interface do Projeto Vintage Car.

** Indica uma pergunta obrigatória*

Dados pessoais

1. Sexo *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Feminino
- ☐ Masculino
- ☐ Não especificado

2. Data de nascimento *

Exemplo: 7 de janeiro de 2019

26/11/2024, 14:43

Avaliação de Experiência e Interface - Vintage Car

3. Escolaridade *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Ensino Fundamental incompleto
- ☐ Ensino Fundamental completo
- ☐ Ensino Médio incompleto
- ☐ Ensino Médio completo
- ☐ Graduação incompleta
- ☐ Graduação completa
- ☐ Pós-Graduação Lato Sensu incompleta
- ☐ Pós-Graduação Lato Sensu completa
- ☐ Mestrado incompleto
- ☐ Mestrado completo
- ☐ Doutorado incompleto
- ☐ Doutorado completo

4. Ocupação *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Estudante
- ☐ Autônomo(a)
- ☐ Empregado(a)
- ☐ Aposentado(a)
- ☐ Desempregado(a)

Análise da interface

26/11/2024, 14:43

Avaliação de Experiência e Interface - Vintage Car

5. Reconhecimento de Adequação *

Representa a facilidade com que o usuário pode compreender as funcionalidades do produto e avaliar se o mesmo pode ser usado para satisfazer as suas necessidades específicas. De acordo com suas impressões, qual o grau de adequação das funcionalidades do software avaliado para atender às necessidades dos seus usuários?

Marcar apenas uma oval.

0 1 2 3 4

Não ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Totalmente adequado

6. Comentário sobre Adequação

7. Aprendizagem *

Identifica a facilidade de aprendizado do produto para os seus potenciais usuários. Qual o grau de adequação das funcionalidades do software para o aprendizado do usuário?

Marcar apenas uma oval.

0 1 2 3 4

Não ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Totalmente Adequada

8. Comentário sobre Aprendizagem

26/11/2024, 14:43

Avaliação de Experiência e Interface - Vintage Car

9. Operacionalidade *

É como o produto facilita a operação por parte do usuário. O software permite ao usuário operar e controlar facilmente suas funcionalidades?

Marcar apenas uma oval.

0 1 2 3 4

Não ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Permite Totalmente

10. Comentário sobre Operacionalidade

11. Proteção Contra Erros do Usuário *

O produto contribui para que erros sejam evitados e tratados durante a sua utilização. O software permite proteger os usuários contra erros?

Marcar apenas uma oval.

0 1 2 3 4

Não ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Permite Totalmente

12. Comentário sobre Proteção contra erros

26/11/2024, 14:43

Avaliação de Experiência e Interface - Vintage Car

13. Estética da Interface do Usuário *

A interface do produto permite uma interação agradável e satisfatória para o usuário. Qual o grau de atratividade do software, considerando o uso adequado de cores e os estilos de interação?

Marcar apenas uma oval.

0 1 2 3 4

Não ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Totalmente Atrativo

14. Comentário sobre Estética da Interface

15. Acessibilidade *

É a possibilidade de utilização do produto por pessoas com características e capacidades diferenciadas. O software é acessível por pessoas de todas as características e capacidades?

Marcar apenas uma oval.

0 1 2 3 4

Não ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Totalmente Acessível

16. Comentário sobre Acessibilidade

Referências

- ABIDIN, M. I. Z.; RAZAK, A. A. Modelling of the prophet mosque in virtual reality. *Proceedings of the 2019 8th International Conference on Software and Computer Applications*, 02 2019. Citado 3 vezes nas páginas 47, 49 e 56.
- ADOBE. *Adobe Photoshop oficial | Software de foto e design*. 2024. Disponível em: <<https://www.adobe.com/br/products/photoshop.html>>. Citado na página 40.
- ADOBE. *Diferentes tipos de formatos de arquivo 3D – Adobe*. 2024. Disponível em: <<https://www.adobe.com/br/products/substance3d/discover/3d-files-formats.html>>. Citado na página 84.
- ADOBE. *Software de pintura 3D para texturização — Adobe Substance 3D*. 2024. Disponível em: <<https://www.adobe.com/br/products/substance3d-painter.html>>. Citado na página 41.
- ANDRADE, M. L.; RUSCHEL, R. C. Bim: Conceitos, cenário das pesquisas publicadas no brasil e tendências. *İstanbul Esenyurt Üniversitesi İşletme ve Yönetim Bilimleri Fakültesi sosyal bilimler araştırmaları dergisi*, 11 2009. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Regina-Ruschel/publication/269149277_BIM_Conceitos_Cenario_das_Pesquisas_Publicadas_no_Brasil_e_Tendencias/links/560e88ed08ae0fc513ed43df/BIM-Conceitos-Cenario-das-Pesquisas-Publicadas-no-Brasil-e-Tendencias.pdf>. Citado na página 81.
- ANDREOLI, R.; COROLLA, A.; FAGGIANO, A.; MALANDRINO, D.; PIROZZI, D.; RANALDI, M.; SANTANGELO, G.; SCARANO, V. A framework to design, develop, and evaluate immersive and collaborative serious games in cultural heritage. *Journal on Computing and Cultural Heritage*, v. 11, p. 1–22, 01 2018. Disponível em: <<https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/3064644>>. Citado 4 vezes nas páginas 46, 47, 49 e 56.
- ANTIGOS, C. *Viação Triunfo, Belém do Pará, 1957*. 2008. Disponível em: <<https://carrosantigos.wordpress.com/2008/12/20/viacao-triunfo-belem-do-para-1957>>. Citado na página 85.
- ARRUDA, E. P. *Fundamentos para o Desenvolvimento de Jogos Digitais*. [S.l.]: Bookman Editora, 2014. Citado na página 25.
- AUDACITY. *Audacity | free, open source, cross-platform audio software for multi-track recording and editing*. 2019. Disponível em: <<https://www.audacityteam.org/>>. Citado na página 88.
- AUTODESK. *Maya | Computer Animation Modeling Software | Autodesk*. 2017. Disponível em: <<https://www.autodesk.com/products/maya/overview>>. Citado na página 41.
- AUTODESK. *AutoCAD For Mac Windows | CAD Software | Autodesk*. 2018. Disponível em: <<https://www.autodesk.com/products/autocad/overview>>. Citado na página 41.

AUTODESK. *Autodesk 3ds Max Software / Get Prices Buy Official 3ds Max 2025*. 2021. Disponível em: <<https://www.autodesk.com/products/3ds-max/overview/>>. Citado na página 41.

BARBOSA, S.; SILVA, B. *Interação Humano-Computador*. [S.l.]: Elsevier Brasil, 2010. Citado na página 72.

BBC. *New BBC VR film flies you to Berlin at the height of the Second World War*. 2018. Disponível em: <<https://www.bbc.co.uk/mediacentre/latestnews/2018/berlin-blitz-vr>>. Citado 3 vezes nas páginas 25, 51 e 52.

BIZAGI. *Software gratuito de mapeamento e modelagem de processos de negócio – Bizagi Modeler*. 2024. Disponível em: <<https://www.bizagi.com/pt/plataforma/modeler>>. Citado na página 89.

BLENDER, F. *blender.org - Home of the Blender project - Free and Open 3D Creation Software*. 2024. Disponível em: <<http://blender.org>>. Citado 2 vezes nas páginas 41 e 81.

CAMARGO, C.; GONÇALVES, J.; CONDE, M. ; RODRÍGUEZ-SEDANO, F. J.; COSTA, P.; GARCIA-PENALVO, F. J. Systematic literature review of realistic simulators applied in educational robotics context. *Sensors*, v. 21, p. 4031, 06 2021. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/1424-8220/21/12/4031>>. Citado 3 vezes nas páginas 10, 28 e 35.

CANDIDO, A. C.; BERTOTTI, P. Soares da S. Mapa de empatia para os estudos de usuários da informação: proposta de abordagem interdisciplinar. *BIBLOS*, v. 33, p. 94–111, 04 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.14295/biblos.v33i1.8204>>. Citado 2 vezes nas páginas 65 e 66.

CARVALHO, T. *Game Design Canvas*. 2015. Disponível em: <<https://github.com/kuantun/GameDesignCanvas>>. Citado na página 80.

CAVALCANTI, C. C. design thinking como metodologia de pesquisa para concepção de um ambiente virtual de aprendizagem centrado no usuário. *scholar.google.com.br*, v. 2, 07 2014. Disponível em: <https://scholar.google.com.br/citations?view_op=view_citation&hl=pt-BR&user=L5863qIAAAAJ&citation_for_view=L5863qIAAAAJ:_FxGoFyzp5QC>. Citado na página 62.

CHANDLER, H. M. *Manual de Produção de Jogos Digitais*. 2. ed. [S.l.]: Bookman, 2012. 4 - 5 p. Citado 3 vezes nas páginas 60, 71 e 72.

CHAVES, C.; MIRANDA, L. *Avenida Presidente Vargas: onde Belém foi mais moderna. Um estudo sobre a verticalização da avenida Presidente Vargas*. Universidade Federal do Amazonas, 2016. Disponível em: <https://arquiteturamodernanaamazonia.weebly.com/uploads/7/0/0/2/70024539/artigo_avenida_presidente_vargas_onde_bel%C3%89m_foi_mais_moderna__2_.pdf>. Citado 3 vezes nas páginas 27, 81 e 83.

CH'NG, E.; LI, Y.; CAI, S.; LEOW, F.-T. The effects of vr environments on the acceptance, experience, and expectations of cultural heritage learning. *Journal on Computing and Cultural Heritage*, v. 13, p. 1–21, 02 2020. Disponível em: <<https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/3352933>>. Citado 3 vezes nas páginas 48, 50 e 56.

COLE, R. Mashing up history and heritage in assassin's creed odyssey. *Games and Culture*, v. 17, p. 915–928, 08 2022. Disponível em: <<https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/15554120221115403>>. Citado na página 26.

DEGGIM, S.; KERSTEN, T. P.; TSCHIRSCHWITZ, F.; HINRICHSEN, N. Segeberg 1600 – reconstructing a historic town for virtual reality visualisation as an immersive experience. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-2/W8, p. 87–94, 11 2017. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/51b5/f31f15743fbf89fdf0758988f84e9ae1bfde.pdf>>. Citado 6 vezes nas páginas 46, 47, 48, 49, 56 e 59.

DEZEN-KEMPTER, E.; SOIBELMAN, L.; CHEN, M.; FILHO, A. V. M. Escaneamento 3d a laser, fotogrametria e modelagem da informação da construção para gestão e operação de edificações históricas. *Gestão Tecnologia de Projetos*, v. 10, p. 113–113, 11 2015. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/102710>>. Citado 2 vezes nas páginas 41 e 107.

DIGITAL, A. *Dreaming the Sphinx*. 2021. Disponível em: <<https://apps.apple.com/us/app/dreaming-the-sphinx/id1319739945>>. Citado na página 40.

DRAWINGS, A. *Buick (1950) - Buick - drawings, dimensions, pictures of the car / Download drawings, blueprints, Autocad blocks, 3D models / All-Drawings*. 2014. Disponível em: <<https://alldrawings.ru/en/pictures/item/buick-1950-buick-drawings-dimensions-pictures-of-the-car>>. Citado na página 85.

EDU, M. *Learn Science, Master STEM, Be Future Ready. / AR/VR Learning Creation*. 2024. Disponível em: <<https://mergeedu.com>>. Citado na página 42.

EDUCACAO, B. M. da. *Base Nacional Comum Curricular*. 2017. 410 - 411 p. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=79601-anexo-texto-bncc-reexportado-pdf-2&category_slug=dezembro-2017-pdf&Itemid=30192>. Citado na página 70.

ELEVENLABS. *ElevenLabs - Generative AI Text to Speech Voice Cloning*. 2024. Disponível em: <<https://elevenlabs.io/>>. Citado na página 88.

ENGINE, U. *What is Unreal Engine 4*. Unreal Engine, 2019. Disponível em: <<https://www.unrealengine.com/>>. Citado na página 40.

ENTERTAINMENT, S. I. *PlayStation VR / Viva o jogo com o PS VR*. 2024. Disponível em: <<https://www.playstation.com/pt-br/ps-vr/>>. Citado na página 55.

FAU, U. *Edifício Piedade em 1949; por Robert Larimore Pendleton*. 2014. Disponível em: <<https://fauufpa.org/2014/03/06/edificio-piedade-em-1949-por-robert-larimore-pendleton/>>. Citado 2 vezes nas páginas 83 e 87.

FILHO, E. J. M. A.; OLIVEIRA, R. L. S. Realidade virtual como tendência futura de consumo tecnológico: Um estudo netnográfico. *Revista de Negócios*, v. 26, n. 2, p. 20–38, set. 2021. Disponível em: <<https://ojsrevista.furb.br/ojs/index.php/rn/article/view/9373>>. Citado na página 17.

FILHO, J. N.; OLIVEIRA, A. C. Jogos digitais como mm aliado para educação: Um estudo de caso do assassin's creed - origins nas aulas de história. In: _____. *Civilización digital y pedagogías emergentes a partir de las nuevas tecnologías*. Egregius, 2019. p. 116–132. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Jesse-Nery-Filho/publication/339079887_JOGOS_DIGITAIS_COMO_UM_ALIADO_PARA_EDUCACAO_UM_ESTUDO_DE_CASO_DO_ASSASINS_CREED_ORIGINS_NAS_AULAS_DE_HISTORIA/links/5e3c5dd4299b1fdb9149e31/JOGOS-DIGITAIS-COMO-UM-ALIADO-PARA-EDUCACAO-UM-ESTUDO-DE-CASO-DO-ASSA.pdf>. Citado na página 53.

FITO-CARRERAS, M.; VIDAL-MESTRE, M.; FREIRE-SANCHEZ, A. Análisis de softwares de inteligencia artificial generativa de voz aplicados al podcasting. *Comunicación y Hombre*, v. 21, p. 179–196, 01 2025. Disponível em: <<https://portalderevistas.ufv.es/index.php/comunicacionyhombre/article/view/860>>. Citado na página 88.

FORWARD. *City Car Driving - Car Driving Simulator, PC Game*. 2024. Disponível em: <<https://citycardriving.com/>>. Citado 2 vezes nas páginas 54 e 55.

FU, X.; ZHU, Y.; XIAO, Z.; XU, Y.; MA, X. Restorevr: Generating embodied knowledge and situated experience of dunhuang mural conservation via interactive virtual reality. *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 04 2020. Disponível em: <<https://dl.acm.org/doi/10.1145/3313831.3376673>>. Citado 5 vezes nas páginas 46, 48, 50, 56 e 59.

FULLERTON, T.; HOFFMAN, S. S.; SWAIN, C.; ZIMMERMAN, E. *Game design workshop : a playcentric approach to creating innovative games*. 2. ed. [S.l.]: Amsterdam Morgan Kaufmann/Elsevier, 2008. 154 p. Citado na página 69.

GITHUB. *GitHub*. 2024. Disponível em: <<https://github.com/>>. Citado na página 94.

GODULLA, A.; PLANER, R.; WOLF, C.; LÜCK, A.; VAAßEN, F. An immersive journey through flawed technology: Users' perceptions of vr in journalism. *Journalism and Media*, v. 2, p. 454–468, 08 2021. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2673-5172/2/3/27>>. Citado na página 25.

GOOGLE. *Google Earth*. 2019. Disponível em: <<https://earth.google.com/web>>. Citado 3 vezes nas páginas 21, 81 e 95.

HADDAWAY, N. R.; PAGE, M. J.; PRITCHARD, C. C.; MCGUINNESS, L. A. Prisma2020: An r package and shiny app for producing prisma 2020-compliant flow diagrams, with interactivity for optimised digital transparency and open synthesis. *Campbell Systematic Reviews*, v. 18, 03 2022. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/cl2.1230>>. Citado na página 35.

HEKATE, I. *XibeSec 2024*. 2024. Disponível em: <<https://www.sympla.com.br/evento/xibesec-2024/2639304>>. Citado na página 95.

HOMIDO. *Mini*. 2021. Disponível em: <<https://homido.com/mini/>>. Citado na página 42.

HTC. *VIVE™ / Discover Virtual Reality Beyond Imagination*. 2024. Disponível em: <<https://www.vive.com/us/>>. Citado na página 42.

HUNICKE, R.; LEBLANC, M.; ZUBEK, R. *MDA: A Formal Approach to Game Design and Game Research*. 2004. 1-5 p. Disponível em: <<https://users.cs.northwestern.edu/~hunicke/MDA.pdf>>. Citado 4 vezes nas páginas 60, 62, 71 e 72.

IBRAHIM, N.; ALI, N. M. A conceptual framework for designing virtual heritage environment for cultural learning. *Journal on Computing and Cultural Heritage*, v. 11, p. 1–27, 04 2018. Disponível em: <<https://dl.acm.org/doi/10.1145/3117801>>. Citado 3 vezes nas páginas 47, 49 e 56.

IDEO. *IDEO History*. 2018. Disponível em: <<https://designthinking.ideo.com/history>>. Citado 2 vezes nas páginas 62 e 71.

INFORMONEY. Metaverso: tudo sobre o mundo virtual que está chamando a atenção dos investidores. *InfoMoney*, 11 2022. Disponível em: <<https://www.infomoney.com.br/guias/metaverso/>>. Citado na página 17.

ISO/IEC. *ISO/IEC 25010:2023 - Systems and software engineering — Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) — Product quality model*. 2023. Disponível em: <<https://www.iso.org/standard/78176.html>>. Citado 2 vezes nas páginas 21 e 95.

KITCHENHAM, B. *Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering*. 2007. Disponível em: <https://cdn.elsevier.com/promis_misc/525444systematicreviewsguide.pdf>. Citado na página 27.

KOLMAR, C. *25+ Amazing Virtual Reality Statistics [2023]: The Future Of VR + AR*. 2023. Disponível em: <https://www.zippia.com/advice/virtual-reality-statistics/#Virtual_Reality_Statistics_by_Devices>. Citado 2 vezes nas páginas 19 e 25.

LEMES, D. d. O.; JUNIOR, J. C. B.; RODRIGUES, J. J. F. Metaverso e educação: Um novo paradigma de aprendizagem? *Recima21*, v. 5, n. 1, p. e514790–e514790, Jan 2024. Citado na página 17.

LEVY, P. *O que é o virtual?* 7. ed. [S.l.]: Ed. 34, 2005. 15-18 p. Citado na página 24.

LOPEZ, G. A.; CRUZ, D. C. Experiences of knowledge transfer on industrial heritage using games, storytelling, and new technologies. *Journal on Computing and Cultural Heritage*, v. 14, p. 1–26, 06 2021. Disponível em: <<https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/3424951>>. Citado 3 vezes nas páginas 47, 49 e 56.

LUMION. *Beautiful Renders Within Reach | Lumion 3D Rendering Software*. 2018. Disponível em: <<https://lumion.com/>>. Citado na página 41.

MAXON. *ZBrush*. 2024. Disponível em: <<https://www.maxon.net/en/zbrush>>. Citado na página 41.

MELO, I.; CHAVES, C.; LIMA, G. Cartografias e contracartografias na documentação do patrimônio. olhares sobre belém entre 1940 e 1960. *Mouseion*, Centro Universitário La Salle, p. 1–1, 11 2021. Disponível em: <<https://revistas.unilasalle.edu.br/index.php/Mouseion/article/view/9078>>. Citado na página 27.

MENDES, I. N.; NOGUEIRA, M. d. A.; MENDES, F. V.; TEIXEIRA, O. N.; SANTOS, V. A. d. The use of serious games for learning cardiopulmonary resuscitation procedures: A systematic mapping of the literature. *IntechOpen eBooks*, IntechOpen, 08 2022. Disponível em: <<https://www.intechopen.com/chapters/80731>>. Citado na página 47.

MIRO. *Team collaboration software online whiteboard for teams* / Miro. Miro, 2019. Disponível em: <<https://miro.com/>>. Citado na página 35.

MOMENTCAR.COM. *buick-super-1950-4*. 2024. Disponível em: <<https://momentcar.com/images/buick-super-1950-4.jpg>>. Citado na página 85.

NIELSEN, J. *10 Heuristics for User Interface Design*. 1994. Disponível em: <<https://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/>>. Citado na página 62.

OLIMPIO, A.; NOTARGIACOMO, P. *Heuristic Usability Evaluation Applied To Educational Games*. 2020. 25–32 p. Disponível em: <<https://www.iadisportal.org/digital-library/heuristic-usability-evaluation-applied-to-educational-games>>. Citado na página 62.

OSTERWALDER, A.; PIGNEUR, Y. *Business model generation : inovacao em modelos de negocios : um manual para visionarios, inovadores e revolucionarios*. 5. ed. [S.l.]: Alta Books, 2011. 131-133 p. Citado 2 vezes nas páginas 66 e 80.

PAVKOV, S.; FRANKOVIC, I.; HOIC-BOZIC, N. *Comparison of game engines for serious games*. 2017. 728–733 p. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/7973518>>. Citado na página 39.

PIMENTEL, ; DIAS, P.; SANTOS, B. S. Avaliação de usabilidade em sistemas de realidade virtual e aumentada: principais métodos. *Revista do DETUA*, v. 4, 07 2008. Disponível em: <https://www.academia.edu/34243463/Avalia%C3%A7%C3%A3o_de_Usabilidade_em_Sistemas_de_Realidade_Virtual_e_Aumentada_principais_m%C3%A9todos>. Citado na página 74.

PINHEIRO, J. V. d. A. M. C.; PACHECO, P. A realidade estendida e a experiência arquitetônica. Jan 2023. Disponível em: <<https://proceedings.science/cics-2023/trabalhos/a-realidade-estendida-e-a-experiencia-arquitetonica-2?lang=pt-br>>. Citado na página 24.

PRESSMAN, R. S. *Engenharia de software*. 6. ed. [S.l.]: McGraw Hill Brasil, 2006. 42-43 p. Citado na página 91.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. d. *Metodologia do trabalho científico: Métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico - 2a edição*. 2. ed. Editora Feevale, 2013. Disponível em: <<https://www.feevale.br/Comum/midias/0163c988-1f5d-496f-b118-a6e009a7a2f9/E-book%20Metodologia%20do%20Trabalho%20Cientifico.pdf>>. Citado 2 vezes nas páginas 20 e 21.

QUEST, M. *Meta Quest VR Headsets, Accessories Equipment* / Meta Quest. 2024. Disponível em: <<https://www.meta.com/quest/>>. Citado 3 vezes nas páginas 42, 65 e 95.

RAITH, L.; BIGNILL, J.; STAVROPOULOS, V.; MILLEAR, P.; ALLEN, A.; STALLMAN, H. M.; MASON, J.; REGT, T. D.; WOOD, A.; KANNIS-DYMAND, L. Massively multiplayer online games and well-being: A systematic literature review. *Frontiers in Psychology*, v. 12, p. 698799, 06 2021. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8277937/>>. Citado na página 50.

REMOLAR, I.; REBOLLO, C.; FERNÁNDEZ-MOYANO, J. A. Learning history using virtual and augmented reality. *Computers*, v. 10, p. 146, 11 2021. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2073-431X/10/11/146>>. Citado 3 vezes nas páginas 46, 49 e 56.

RIBEIRO, A.; ABDALLA, M. L.; ZANETTI, A. C.; FERNANDES, M. Realidade mista: possibilidades pedagógicas na educação. *TICs e EaD em Foco*, Universidade Estadual do Paraná, v. 9, p. 45–60, 07 2023. Disponível em: <<https://ticsead.uemanet.uema.br/index.php/ticseadfoco/article/view/663>>. Citado na página 46.

SALEN, K.; ZIMMERMAN, E. *Regras do jogo*. 1. ed. [S.l.]: Editora Blucher, 2012. v. 3. 144-146 p. Citado 2 vezes nas páginas 17 e 25.

SALEN, K.; ZIMMERMAN, E. *Regras do jogo*. 1. ed. [S.l.]: Editora Blucher, 2012. v. 4. 25 p. Citado na página 18.

SANTOS, B. R. d. C.; SARAIVA, L. B.; RUSCHIVAL, C. B.; SANTOS, A. V. d. O.; SILVA, E. J. L. A. d.; DIAS, L. V.; KUWAHARA, N. Método do diamante duplo para o design de um aplicativo: Move in para a saúde e bem-estar. *DAT Journal*, v. 6, p. 314–337, 12 2021. Disponível em: <<https://datjournal.anhembibr/dat/article/view/507>>. Citado 2 vezes nas páginas 63 e 64.

SELMANOVIC, E.; RIZVIC, S.; HARVEY, C.; BOSKOVIC, D.; HULUSIC, V.; CHAHIN, M.; SLJIVO, S. Improving accessibility to intangible cultural heritage preservation using virtual reality. *Journal on Computing and Cultural Heritage*, v. 13, p. 1–19, 06 2020. Disponível em: <<https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/3377143>>. Citado 4 vezes nas páginas 47, 48, 50 e 56.

SHI, L.-x.; NI, H.-y.; ZHANG, J.-p.; LIN, Z.-r.; YAN, W.-x. Design and application of qr code positioning for orbital inspection robot in high-voltage substations. *2022 IEEE International Conference on High Voltage Engineering and Applications (ICHVE)*, 09 2022. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/9961460>>. Citado na página 57.

SILVA, J. *Escritha — A ferramenta mais completa, eficiente e simples para produção científica*. 2024. Disponível em: <<https://escritha.com/>>. Citado 2 vezes nas páginas 28 e 104.

SILVA, J. F. d.; JUCA, S. C. S.; ALVES, F. R. V.; SILVA, S. A. d.; LIMA, J. Q.; PEREIRA, R. I. S. Otimização do ensino através do ebook projetar: Projeto arquitetônico auxiliado pela realidade aumentada. *Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*, p. e10, 03 2022. Disponível em: <http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/134217/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Citado na página 42.

SKETCHUP. *Software de projetos 3D / Modelagem 3D na Web / SketchUp*. Trimble, 2024. Disponível em: <<https://www.sketchup.com/pt-BR>>. Citado na página 41.

SUKHOV, A. A. Gamification of the middle ages: Educational discourse of “kingdom come: Deliverance”. *International Conference on Education and E-Learning*, 11 2022. Disponível em: <<https://dl.acm.org/doi/10.1145/3578837.3578846>>. Citado na página 26.

TECHNOLOGIES, U. *Unity*. 2019. Disponível em: <<https://unity.com/>>. Citado na página 40.

TEXTURES.COM. *Textures.com*. 2019. Disponível em: <<https://www.textures.com/>>. Citado na página 41.

TORI, R.; HOUNSELL, M. d. S. (Ed.). *Introdução a Realidade Virtual e Aumentada*. 3. ed. Sociedade Brasileira de Computação, 2020. 11 p. Disponível em: <<https://books-sol.sbc.org.br/index.php/sbc/catalog/book/66>>. Citado 2 vezes nas páginas 25 e 39.

TRIPP. *TRIPP: Fitness for your Inner Self*. 2024. Disponível em: <<https://www.tripp.com/>>. Citado 2 vezes nas páginas 55 e 56.

UBISOFT. *Assassin's Creed Odyssey Disponível Agora em PS4, Xbox One, PC | Ubisoft (BR)*. 2020. Disponível em: <<https://www.ubisoft.com/pt-br/game/assassins-creed/odyssey>>. Citado 3 vezes nas páginas 26, 52 e 53.

VASQUEZ, R. P. Identidade de marca, gestão e comunicação. *Organicom*, v. 4, p. 198, 12 2007. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/organicom/article/view/138952>>. Citado na página 75.

WALMSLEY, A.; KERSTEN, T. P. Low-cost development of an interactive, immersive virtual reality experience of the historic city model stade 1620. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-2/W17, p. 405–411, 11 2019. Disponível em: <<https://isprs-archives.copernicus.org/articles/XLII-2-W17/405/2019/isprs-archives-XLII-2-W17-405-2019.html>>. Citado 6 vezes nas páginas 46, 47, 49, 51, 56 e 59.

WARHORSE. *Kingdom Come: Deliverance | Kingdom Come: Deliverance*. 2024. Disponível em: <<https://www.kingdomcomerpg.com/kcd1>>. Citado 3 vezes nas páginas 26, 53 e 54.

WATIER, M. Video mapping in audiovisual performances: Projecting the club scene onto the urban space. *DOAJ (DOAJ: Directory of Open Access Journals)*, 12 2018. Disponível em: <<https://cinergie.unibo.it/article/view/8363>>. Citado na página 42.

WORDCLOUDS.COM. *Free online word cloud generator and tag cloud creator*. 2019. Disponível em: <<https://www.wordclouds.com/>>. Citado na página 43.

XINGKE, H.; YANG, C. Research on the display of material cultural heritage with the use of vr animation. p. 65–70, 08 2020. Disponível em: <<https://dl.acm.org/doi/10.1145/3425577.3425590>>. Citado 3 vezes nas páginas 47, 50 e 56.

ZAIA, S. E.; ROSE, K. E.; MAJEWSKI, A. S. Egyptian archaeology in multiple realities: Integrating xr technologies and museum outreach. *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, v. 27, p. e00249, 12 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.dag.2022.100249>>.

//www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2212054822000388?via%3Dihub>.
Citado 3 vezes nas páginas 26, 49 e 50.

ÁVILA, C. d.; CORSO, A.; FISCHER, G. D. Preservação e patrimônio em jogo na tecnocultura: a (re)construção da catedral de notre-dame em assassin's creed | journal of digital media interaction. *Journal of Digital Media Interaction*, v. 3, 04 2021. Disponível em: <<https://proa.ua.pt/index.php/jdmi/article/view/15559>>. Citado na página 26.