

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA**

**LARISSA CARDOSO XAVIER**

**UMA APLICAÇÃO ACESSÍVEL DE REALIDADE AUMENTADA PARA  
DESCREVER ESPAÇOS E SERVIÇOS DO CAMPUS ALEGRETE DA UNIPAMPA**

**Alegrete  
2025**

**LARISSA CARDOSO XAVIER**

**UMA APLICAÇÃO ACESSÍVEL DE REALIDADE AUMENTADA PARA  
DESCREVER ESPAÇOS E SERVIÇOS DO CAMPUS ALEGRETE DA UNIPAMPA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Ciência da Computação da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharela em Ciência da Computação.

Orientador: Prof. Dr. Jean Felipe Patikowski  
Cheiran

Coorientador: Prof. Dr. Fábio Paulo Basso

**Alegrete  
2025**

**Larissa Cardoso Xavier**

**UMA APLICAÇÃO ACESSÍVEL DE REALIDADE AUMENTADA PARA DESCREVER  
ESPAÇOS E SERVIÇOS DO CAMPUS ALEGRETE DA UNIPAMPA**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Graduação  
em Ciência da Computação da  
Universidade Federal do Pampa como  
requisito parcial para a obtenção do  
título de Bacharel em Ciência da  
Computação

Monografia defendida e aprovada em: 11 de dezembro de 2025.

Banca examinadora:

---

Jean Felipe Patikowski Cheiran  
Orientador  
Unipampa

---

Fábio Paulo Basso  
Unipampa

---

Amanda Meincke Melo  
Unipampa

---

Ildevana Poltronieri Rodrigues

Unipampa



Assinado eletronicamente por **JEAN FELIPE PATIKOWSKI CHEIRAN, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 11/12/2025, às 19:23, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **ILDEVANA POLTRONIERI RODRIGUES, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 11/12/2025, às 19:23, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **AMANDA MEINCKE MELO, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 11/12/2025, às 19:23, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **FABIO PAULO BASSO, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 11/12/2025, às 20:40, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **1919485** e o código CRC **4BCB5C37**.

Dedico este trabalho à minha avó Marisa da Silva Cardoso (*in memoriam*), especialmente por sua dedicação quanto aos estudos, com amor e admiração.

Também não poderia deixar de dedicar o presente trabalho ao meu irmão Augusto, por me ensinar todos os dias que o amor não precisa necessariamente de palavras.

## **AGRADECIMENTO**

A realização deste trabalho foi possível graças ao apoio e à colaboração de muitas pessoas, às quais expresso minha mais sincera gratidão.

Em primeiro lugar, agradeço à minha família, em especial ao meu irmão, Augusto e aos meus pais, Rubia e Cezar, pelo apoio incondicional, incentivo constante e dedicação ao longo da minha trajetória acadêmica. Seu carinho e suporte foram fundamentais para que eu chegasse até aqui.

Sou imensamente grata ao meu orientador, Prof. Dr. Jean Cheiran e ao meu coorientador, Prof. Dr. Fábio Basso, por todas as oportunidades, ensinamentos e orientações que contribuíram significativamente para o desenvolvimento deste projeto. O comprometimento e direcionamento de ambos foram essenciais para a conclusão deste trabalho.

Agradeço, ainda, aos professores, colegas e funcionários do campus, bem como a todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para minha jornada acadêmica. Cada interação, aprendizado e apoio recebido ao longo do curso tiveram um papel importante na minha formação.

A todos, o meu mais sincero agradecimento!

“Um navio no porto é seguro, mas não é para isso que os navios existem. Navegue para o mar e faça coisas novas.”

Grace Hopper

## RESUMO

As tecnologias emergentes têm poder de transformação onde aplicadas, seja na Educação, no Entretenimento ou no Turismo, por exemplo. Uma necessidade no desenvolvimento de *software* é promover a inclusão, por meio de requisitos de acessibilidade para Pessoas com Deficiência, mesmo em produtos que possuem alguma tecnologia emergente embutida. Pensando na garantia de acesso de Pessoas com Deficiência (PCDs) a aplicativos que usam Realidade Aumentada, o presente trabalho apresenta uma aplicação acessível de Realidade Aumentada (RA), AR Pampa, para descrever os espaços do campus Alegrete da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) como a secretaria acadêmica, biblioteca, restaurante universitário e outros e para apresentar informações sobre os serviços oferecidos por cada um desses ambientes, com *links* de site, redes sociais, horários de funcionamento e outros. Para desenvolver o aplicativo de RA utilizou-se a plataforma *Unity* e *Vuforia Engine*, a aplicação foi testada por 8 pessoas para encontrar problemas de usabilidade e inspecionada por um especialista em acessibilidade. Desse modo, pensando na autonomia e inclusão dos usuários ao poder utilizar esse aplicativo, pretende-se contribuir na garantia desses recursos.

Palavras-Chave: Acessibilidade, Realidade Aumentada, Vuforia, Unity.

## **ABSTRACT**

Emerging technologies have the power to transform where applied, whether in Education, Entertainment, or Tourism, for example. A need in software development is to promote inclusion through accessibility requirements for People with Disabilities, even in products that have some emerging technology embedded. With the aim of guaranteeing access for People with Disabilities (PWDs) to applications that use Augmented Reality, this work presents an accessible Augmented Reality (AR) application, AR Pampa, to describe the spaces of the Alegrete campus of the Federal University of Pampa (UNIPAMPA), such as the academic secretariat, library, university restaurant, and others, and to present information about the services offered by each of these environments, with links to websites, social networks, opening hours, and more. The AR application was developed using the Unity platform and Vuforia Engine. The application was tested by 8 people to identify usability problems and inspected by an accessibility specialist. Thus, considering the autonomy and inclusion of users by being able to use this application, the intention is to contribute to guaranteeing these resources.

Keywords: Accessibility, Augmented Reality, Vuforia, Unity.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Protótipos de tela	33
Figura 2 - Criação de projeto 3D no Unity Hub	34
Figura 3 - Importação do pacote com materiais	34
Figura 4 - Listagem de cenas	35
Figura 5 - Scene Menu e estrutura dos seus elementos	35
Figura 6 - Importação dos recursos TMP	36
Figura 7 - Criação e atribuição como componente o script em C#	36
Figura 8 - Atribuição das funções em cada elemento da cena	37
Figura 9 - Licença ativa na ferramenta Vuforia	38
Figura 10 - Banco de Dados QR-Codes	38
Figura 11 - Banco de Dados Registros Locais	38
Figura 12 - Estrutura da cena Info	39
Figura 13 - Estrutura da cena Carregamento	39
Figura 14 - Adição da AR Câmera	40
Figura 15: Inserção da licença	40
Figura 16 - Inserção de <i>Image Target</i>	41
Figura 17 - Inserção de <i>Image Target</i> RU <i>from database QRcodes</i>	42
Figura 18 - Estrutura cena <i>Captura</i>	42
Figura 19 - Estrutura cena <i>Captura 1</i>	42
Figura 20 - Estrutura da cena Configurações	43
Figura 21 – <i>Accessible Element</i> como componente na cena Carregamento	44
Figura 22 - Aplicativo VLibras	44
Figura 23 - Configuração do objeto 3D no <i>Model Target Generator</i>	45
Figura 24 - Mudança do objeto 3D MTG para AMT	49
Figura 25 - Reconhecimento Pedro Pampa	49
Figura 26 - Requisitos utilizando MoSCoW	60
Figura 27 - <i>Image Targets</i> do Restaurante Universitário (RU)	61
Figura 28 - <i>Image Targets</i> da Secretaria Acadêmica	61
Figura 29 - <i>Image Targets</i> do Núcleo de Desenvolvimento Educacional (NuDE)	62
Figura 30 - <i>Image Targets</i> do Pedro Pampa	62
Figura 31 - <i>Image Targets</i> da Biblioteca	63
Figura 32 - Evolução da tela de carregamento	64

Figura 32 - Evolução da tela menu	64
Figura 33 - Evolução da tela configurações	65
Figura 34 - Evolução da tela informações	65

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Exemplos de diretrizes por princípios segundo WCAG	20
Tabela 2 – Requisitos de acessibilidade considerando diversas deficiências	22
Tabela 3 – Atividades presentes em um teste de usabilidade	31
Tabela 4 – Compilação dos problemas e sugestões encontrados nos testes de usabilidade	46
Tabela 5 – Aspectos da Inspeção de Acessibilidade	47

## LISTA DE SIGLAS

**ABNT** - Associação Brasileira de Normas Técnicas

**AI** - *Artificial Intelligence*

**AMT** - *Advanced Model Targets*

**BD** - Banco de Dados

**EaD** - Educação à Distância

**FECIPAMPA** - Feira de Ciências do Pampa

**GPS** - *Global Positioning System*

**HMD** - *Head Mounted Display*

**HTML** - *Hypertext Markup Language*

**IBGE** - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

**IoT** - *Internet of Things*

**IHC** - Interação Humano-Computador

**ISO** - *International Organization for Standardization*

**LAVID** - Laboratório de Aplicações de Vídeo Digital

**LBI** - Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência

**LIBRAS** - Língua Brasileira de Sinais

**MDHC** - Ministério dos Direitos Humanos e da Cidadania

**MGISP** - Ministério da Gestão e Inovação em Serviços Públicos

**MR** - *Mixed Reality*

**MTG** - *Model Target Generator*

**NBR** - Norma Brasileira

**NIDA** - Núcleo de Inteligência de Dados Acadêmicos

**NuDE** - Núcleo de Desenvolvimento Educacional

**PCDs** - Pessoas Com Deficiência

**RA** - Realidade Aumentada

**RFID** - *Radio Frequency IDentification*

**RU** - Restaurante Universitário

**RV** - Realidade Virtual

**SDK** - *Software Development Kit*

**SGD** - Secretaria de Governo Digital

**SNDPD** - Secretaria Nacional dos Direitos da Pessoa com Deficiência

**TIC** - Tecnologias de Informação e Comunicação

**TMP** - *TextMesh Pro*

**UI** - *User Interface*

**UFPB** - Universidade Federal da Paraíba

**UNIFESSPA** - Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

**UNIPAMPA** - Universidade Federal do Pampa

**UWP** - *Universal Windows Platform*

**W3C** - *World Wide Web Consortium*

**WAI** - *Web Accessibility Initiative*

**WCAG** - *Web Content Accessibility Guidelines*

**XR** - *eXtended Reality*

**XRA** - *XR Association*

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>15</b>
1.1 Justificativa	16
1.2 Objetivos	17
1.3 Organização do documento	18
<b>2 CONCEITOS GERAIS E FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>19</b>
2.1 Acessibilidade	19
2.1.1 Diretrizes e recomendações gerais de acessibilidade	19
2.2 Realidade Aumentada	21
2.2.1 Diretrizes e recomendações de acessibilidade para Realidade Aumentada	22
2.3 Tecnologias para desenvolvimento de Realidade Aumentada	24
<b>3 TRABALHOS RELACIONADOS</b>	<b>26</b>
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>29</b>
4.1 Técnicas e Tecnologias	29
4.2 Diretrizes de acessibilidade para RA	30
4.3 Avaliação do resultado	30
<b>5 IMPLEMENTAÇÃO</b>	<b>32</b>
5.1 Protótipos de tela	32
5.2 Implementação e Configuração utilizando o Unity Hub e Vuforia	33
5.3 Recursos de Acessibilidade na Implementação	43
<b>6 RESULTADOS</b>	<b>46</b>
6.1 Testes de Usabilidade	46
6.2 Inspeção de Acessibilidade	47
6.3 Funcionamento do Aplicativo	48
6.4 Ideias e desafios	50
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>51</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>52</b>
<b>APÊNDICES</b>	<b>56</b>
APÊNDICE A - Documentação da aplicação	57
A.1 Requisitos Funcionais do Sistema	57
A.2 Requisitos Não-Funcionais do Sistema	58
A.3 Casos de Uso do Sistema	58
APÊNDICE B - Image Targets	61

<b>B.1</b>	<b>Imagens e pontos de referência dos Database no Vuforia</b>	<b>61</b>
	<b>APÊNDICE C - Resultado da evolução dos protótipos de tela</b>	<b>64</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Assegurar a inclusão de Pessoas Com Deficiência (PCDs) em espaços e serviços é de fundamental importância. Pensar numa aplicação para diversos usuários, independente de suas capacidades, deveria ser um requisito obrigatório e não apenas desejável. Uma pesquisa divulgada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em conjunto com a Secretaria Nacional dos Direitos da Pessoa com Deficiência do Ministério dos Direitos Humanos e da Cidadania (SNDPD/MDHC) revelou que no Brasil existem cerca de 18,6 milhões de PCDs (BRASIL, 2023). Este número expressivo reforça a necessidade urgente de soluções inclusivas que atendam a essa parcela significativa da população.

Filgueira (2023) destaca que as tecnologias emergentes vêm ganhando espaço e se destacando no mercado das inovações. Essas tecnologias estão se consolidando e passando por um processo de aperfeiçoamento contínuo, como por exemplo Realidade Aumentada (RA), Realidade Virtual (RV), Inteligência Artificial (AI, do inglês *Artificial Intelligence*), Internet das Coisas (IoT, do inglês *Internet of Things*), Robótica, Computação em Nuvem e *Big Data*. O uso das tecnologias emergentes tem impacto significativo quando aplicadas para beneficiar os usuários e utilizadas tanto no entretenimento quanto em questões de saúde, proporcionando seu bem-estar, autonomia, criatividade, entre outros (FILGUEIRA, 2023).

Pires e Dantas (2023) defendem que, embora a RA e a RV não sejam tecnologias recentes, ambas agregam em diversas áreas e atividades ainda hoje, como na educação, turismo e entretenimento. Os autores também ressaltam que a RA, dependendo da finalidade, é mais viável do que a RV, levando em consideração a aquisição de equipamentos para acessá-las. No contexto dos autores o uso de RA em bibliotecas universitárias aprimora a busca e localização de livros, fornece informações adicionais sobre obras e monumentos e até mesmo melhora a navegação dentro da biblioteca. Já a RV pode ser aplicada para criar experiências imersivas, como simulações de viagens virtuais, narração de histórias e desenvolvimento de novas habilidades, tornando o ambiente mais interativo e atrativo para os usuários.

Um fator a ser considerado é a falta de aplicação das recomendações de acessibilidade pré-estabelecidas, o que torna difícil para os desenvolvedores iniciarem uma aplicação acessível sem terem a percepção do uso de ferramentas como boas práticas (MUNARO, 2017). Desse modo, é necessário desenvolver estratégias que possam mitigar esse desafio e promover uma maior inclusão digital para as PCDs nas várias tecnologias disponíveis.

A Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (LBI) apresenta alguns capítulos importantes quanto às questões de acessibilidade nos meios digitais e das tecnologias (BRASIL, 2015). O Capítulo II desta lei trata sobre o acesso à informação e à comunicação, tornando obrigatório recursos de acessibilidade em *sites* mantidos por empresas com sede ou representação no Brasil. Além disso, o Capítulo III aborda sobre a tecnologia assistiva que deve ser garantida à pessoa com deficiência ao acessar produtos, recursos, estratégias, práticas, processos, métodos e serviços de tecnologia assistiva que maximizem sua autonomia, mobilidade pessoal e qualidade de vida (BRASIL, 2015).

### **1.1 Justificativa**

Aplicações que sigam recomendações e diretrizes de acessibilidade tornam-se necessárias. A Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) é uma instituição de ensino superior federal e pública com 10 unidades distribuídas na região da fronteira oeste e da campanha do Estado do Rio Grande do Sul, sendo que o campus Alegrete dispõe de cursos de graduação e pós-graduação de Engenharias e Computação, além de um curso de Letras em modalidade de Educação a Distância (EaD). Observando o indicador acadêmico do Núcleo de Inteligência de Dados Acadêmicos (NIDA) sobre a naturalidade dos alunos, a UNIPAMPA recebe estudantes das 5 regiões do Brasil (UNIPAMPA, 2022).

Além disso, são realizadas visitas de escolas locais de educação básica (nível fundamental e médio) para conhecerem o campus, sua estrutura e os cursos ofertados. O Anima Campus Alegrete é um evento com esse intuito, de trazer a comunidade externa para conhecer o trabalho realizado na instituição através de oficinas, exposições, apresentações e outras atividades (RICHARDT, 2024). Na edição de 2024, o evento contou com o engajamento e participação da comunidade acadêmica e sociedade civil. Foram realizadas mais de 25 atividades culturais, artísticas, esportivas e educativas com mais de 300 pessoas que registraram presença (UNIPAMPA, 2024).

O Programa C tem como objetivo geral a resolução de problemas locais por meio de tecnologias computacionais com o envolvimento da comunidade acadêmica e externa através das atividades que o compõem como por exemplo: Gurias na Computação (com intuito da promoção da participação feminina na área da computação) e o Programa C + Educação (com a divulgação da computação na educação básica no município de Alegrete) (UNIPAMPA, 2022).

Também com foco na Extensão Universitária existe A Jornada de Extensão em Computação, promovida pelo Programa C com apoio de outros projetos cadastrados no campus Alegrete, é um conjunto de ações realizadas em aproximadamente um mês, tendo público-alvo estudantes da educação básica. O evento segue as diretrizes da extensão universitária, promovendo impacto social e na formação de estudantes, desenvolvendo habilidades interpessoais e técnicas dos universitários, e contribuindo para a inclusão digital e o desenvolvimento do Pensamento Computacional entre crianças e adolescentes (MELLO *et al.*, 2023).

Adicionalmente, integrada à Feira de Ciências do Pampa (FECIPAMPA) é realizada a Feira de Ciências do Campus Alegrete da Unipampa, como projeto de extensão que incentiva a participação da comunidade externa por meio da curiosidade científica, raciocínio científico e capacidade de inovação (RICHARDT, 2023).

Uma contribuição importante no aspecto da extensão universitária é a autonomia dos visitantes. Dessa forma, a Realidade Aumentada se torna uma aliada importante para oferecer informações sobre os espaços e serviços para visitantes e novos discentes localizarem-se e conhecerem o campus Alegrete.

Observou-se em meio a esse contexto a oportunidade de implementar um aplicativo para dispositivos móveis que seja acessível utilizando RA para descrever os principais espaços e serviços do Campus Alegrete da UNIPAMPA. Essa implementação visa beneficiar tanto os desenvolvedores (demonstrando a integração de diretrizes já propostas e padrões pré-estabelecidos de acessibilidade em uma aplicação de RA) quanto os usuários finais (que por meio de seus dispositivos móveis poderão conhecer mais sobre a universidade sem depender da disponibilidade de outras pessoas).

## **1.2 Objetivos**

O objetivo geral deste trabalho é propor um aplicativo acessível que utiliza Realidade Aumentada na descrição de espaços e serviços do Campus Alegrete da UNIPAMPA, promovendo a inclusão e a autonomia de todos os usuários.

Destacam-se alguns objetivos específicos para realização deste projeto:

- a) Proporcionar uma experiência mais acessível e informativa do campus Alegrete da UNIPAMPA, identificando espaços e serviços essenciais;
- b) Garantir o desenvolvimento de implementação com RA acessível, elencando diretrizes de acessibilidade prioritárias;

- c) Desenvolver uma aplicação de RA inclusiva, utilizando técnicas e tecnologias que promovam a acessibilidade;
- d) Avaliar a usabilidade da solução, identificando problemas e oportunidades de melhorias.

### **1.3 Organização do documento**

O presente trabalho é composto por diversas seções para uma abordagem sobre o tema, proporcionando uma compreensão clara e objetiva dos conceitos, desafios e da solução proposta. O Capítulo 2 trata da fundamentação teórica, contendo assim os principais conceitos envolvidos no trabalho. O Capítulo 3 contém os trabalhos relacionados, apresentando algumas aplicações que utilizam Realidade Aumentada. Já no Capítulo 4 descreve a metodologia, contendo as técnicas e tecnologias definidas para execução do trabalho, o motivo por ter sido escolhida para resolução e como se dará a avaliação do resultado. No Capítulo 5 será apresentado de forma detalhada a etapa de implementação do aplicativo. No Capítulo 6 serão apresentados os resultados mostrando a viabilidade e funcionamento do projeto. Por fim, no Capítulo 7 serão apresentadas as considerações finais e ideias de trabalhos futuros para a continuidade deste trabalho.

## 2 CONCEITOS GERAIS E FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste Capítulo será apresentada a revisão de literatura juntamente com alguns conceitos importantes para explanação e entendimento acerca do tema. O Capítulo divide-se de acordo com cada conceito sobre os assuntos que serão abordados.

### 2.1 Acessibilidade

É notória a evolução da garantia de direitos das Pessoas com Deficiência no Brasil. O Estatuto da Pessoa com Deficiência ou Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (BRASIL, 2015) dispõe sobre a promoção de condições de igualdade entre os direitos e liberdades fundamentais, com intuito da inclusão social e cidadania.

No cotidiano é evidente também esse avanço. De acordo com Sasaki (2003), o tratamento a se referenciar a PCDs é compatível com os valores vigentes de dada sociedade: a deficiência faz parte da pessoa e não é uma condição que ora é portada ora não. O termo “Pessoa com Deficiência”, segundo o autor, surgiu na década de 1990 e é utilizado desde então.

Podemos definir acessibilidade conforme a descrição utilizada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT):

possibilidade e condição de alcance, percepção e entendimento para utilização, com segurança e autonomia, de espaços, mobiliários, equipamentos urbanos, edificações, transportes, informação e comunicação, inclusive seus sistemas e tecnologias, bem como outros serviços e instalações abertos ao público, de uso público ou privado de uso coletivo, tanto na zona urbana como na rural, por pessoa com deficiência ou mobilidade reduzida (ABNT/NBR 9050, 2015).

#### 2.1.1 Diretrizes e recomendações gerais de acessibilidade

Questões de acessibilidade precisam ser tratadas como um requisito obrigatório em sistemas da informação ou em outros serviços. Estipulado na década de 1990 por Tim Berners-Lee, o World Wide Web Consortium (W3C) é uma organização sem fins lucrativos na qual seus membros trabalham em conjunto no desenvolvimento de padrões para *web*. Vinculado ao W3C está a Iniciativa de Acessibilidade *Web* (WAI, do inglês Web Accessibility Initiative).

Promovidas pela WAI, as Diretrizes de Acessibilidade para Conteúdo *Web* (WCAG, do inglês *Web Content Accessibility Guidelines*) formam um conjunto de recomendações para que o conteúdo *web* seja criado de forma mais acessível e alcance o maior número de pessoas

possível, incluindo pessoas com deficiência física, cognitiva, motora e outras (W3C, 2008). Por serem recomendações amplas, muitas das diretrizes podem ser aplicadas, além de páginas *web*, a recursos baseados em outras tecnologias, como aplicações de Realidade Aumentada.

Existem quatro princípios acerca das WCAG, sendo eles: perceptível, operável, compreensível e robusto, usados para classificar cada diretriz. A Tabela 1, apresentada a seguir, contém algumas diretrizes dos princípios já citados.

Tabela 1 - Exemplos de diretrizes por princípios segundo WCAG

Princípio	Exemplo I de Diretriz	Exemplo II de Diretriz
Perceptível	1.1.1 Conteúdo não textual: qualquer conteúdo não textual deve trazer uma descrição alternativa em texto (visível ou não) para identificar o conteúdo.	1.2.6 Língua de sinais (pré-gravado): para qualquer conteúdo que contenha uma faixa de áudio deve possuir tradução para língua de sinais.
Operável	2.4.4 Finalidade do <i>link</i> (em contexto): deve ser determinada a finalidade de um <i>link</i> a partir do seu texto ou do contexto no entorno deste. O mesmo é aplicável em botões ou ícones clicáveis.	2.4.8 Localização: qualquer usuário deve conseguir se orientar facilmente em qualquer parte da tela ou em um conjunto de telas.
Compreensível	3.2.3 Navegação consistente: a apresentação, interação e localização na tela devem manter uma consistência no seu formato.	3.3.8 Autenticação acessível (mínimo): não se deve remover funcionalidades que facilitam a digitação de senhas em campos de <i>login</i> sem que haja justificativa pertinente para retirada.
Robusto	4.1.2 Nome, função, valor: para uso de tecnologia assistiva os componentes nome, função e valor devem estar corretos para funcionalidade da tecnologia.	4.1.3 Mensagens de <i>status</i> : qualquer mensagem a ser apresentada sobre o resultado de uma ação ou andamento de um processo deve ser transmitida sem que ocorra mudança de contexto (foco).

Fonte: Guia WCAG

A International Organization for Standardization (ISO) também apresenta orientações e especificações ergonômicas para o *design* de *software* acessível, por meio de uma série de recomendações através de diretrizes para acessibilidade em tecnologias de *software* variadas. Trata-se da norma ISO 9241-171:2008, que abrange questões relacionadas à concepção de

*software* para pessoas com a mais ampla gama de capacidades físicas, sensoriais e cognitivas, incluindo pessoas com deficiência temporária e idosos (ISO, 9241-171:2008).

## 2.2 Realidade Aumentada

Entre as tecnologias emergentes, a Realidade Aumentada será o recurso utilizado neste trabalho. Sherman e Craig (2003) definem RA como um tipo de aplicação de RV que combina representações virtuais com a percepção do mundo físico. Por meio do uso de tecnologia de visualização especial, o usuário pode perceber o mundo real com uma sobreposição de informações adicionais virtuais. Essas informações são fornecidas de forma a ampliar a quantidade de informação disponível para o usuário em comparação com sua percepção normal. Geralmente, é o sentido visual que é aprimorado na RA. Resumidamente a Realidade Aumentada é uma forma de Realidade Virtual na qual estímulos sintéticos virtuais são sobrepostos a objetos do mundo real.

Há ainda o termo Realidade Mista (MR, do inglês *Mixed Reality*), de acordo com Jerald (2016), pois por assumir muitas formas a realidade varia entre ambientes físicos e virtuais. Essas formas consideram tanto a RA quanto a RV, sendo empregadas à virtualidade aumentada e virtual. Sendo que, segundo o autor, a virtualidade aumentada é o resultado da captura de conteúdos do mundo real e da transposição desses conteúdos para RV.

Lopes e Cheung (2023) destacam que a RA surgiu com o avanço da RV e do processamento dos computadores, possibilitando a manipulação de objetos virtuais no espaço físico do usuário. O conteúdo digital, que sobrepõe o meio real, pode ser visto por meio de óculos especiais de RA, pela câmera do celular ou de um *tablet*. Os autores também ressaltam que na década de 1960, o engenheiro eletricitista Ivan Sutherland desenvolveu como projeto conhecido como vídeo-capacete, *Head Mounted Display* (HMD).

Resumidamente, a RA, assim como a RV, apresenta avanços significativos na forma de interação com o mundo digital e físico. Ambas tecnologias, embora distintas, compartilham a capacidade de enriquecer a percepção sensorial do usuário através da inclusão de elementos virtuais. A sua utilização pode transformar diversas áreas, oferecendo novas possibilidades de acesso à informação e ampliando a experiência do usuário em seu ambiente. Desse modo, proporcionar o acesso a diversos usuários, independente de suas capacidades, torna a acessibilidade um componente obrigatório na composição de sistemas computacionais.

### 2.2.1 Diretrizes e recomendações de acessibilidade para Realidade Aumentada

Existem requisitos do usuário de acessibilidade para Realidade Estendida (XR, do inglês *eXtended Reality*), sendo esse um termo coletivo que se refere a tecnologias imersivas, incluindo a RA, RV e RM (WEINSTEIN, 2022). Esses requisitos estão contidos em uma Nota do Grupo de Trabalho do W3C que tem por objetivo exemplificar necessidades e recomendações relacionadas à acessibilidade em XR. Segundo o W3C Working Group (2021), a XR possui diversas finalidades, sendo utilizada para tarefas relacionadas ao trabalho, uso terapêutico, educacional e de entretenimento. Destacam também que, à medida que o poder computacional aumentar, o *hardware* tornar-se mais acessível financeiramente e a qualidade para o usuário melhorar, haverá maior popularização deste recurso.

Em projetos de *software* acessível é necessário pensar nos diferentes tipos de deficiência. O W3C Working Group (2021) descreve algumas necessidades e requisitos de acessibilidade do usuário que podem ser utilizadas em ambientes de XR (incluindo RA). Exemplos desses itens são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Requisitos de acessibilidade para XR considerando diversas deficiências

Deficiência	Descrição	Requisito(s)
Deficiência cognitiva	Pessoas com deficiências cognitivas podem ficar facilmente sobrecarregadas em ambientes imersivos.	Permitir que o usuário defina um 'local seguro' - tecla rápida, atalho ou macro.
Deficiência auditiva	Usuários com deficiência auditiva podem precisar de acomodações para perceber o áudio.	Fornecer conteúdo de áudio espacializado para emular formas sonoras tridimensionais em ambientes imersivos.  Forneça descrições de texto de conteúdo de áudio importante.
Deficiências de orientação espacial, deficiências cognitivas ou perda auditiva em apenas um ouvido	Usuários podem perder informações em uma paisagem sonora estéreo ou binaural.	Permitir que o som de áudio mono seja enviado para ambos os fones de ouvido para que o usuário possa perceber toda a paisagem sonora através de qualquer um dos ouvidos.
Deficiência física	Uma pessoa com	Permitir ao usuário realizar uma

Deficiência	Descrição	Requisito(s)
	deficiência física pode querer interagir com itens em um ambiente imersivo de uma forma que não exija movimentos corporais específicos para realizar qualquer ação.	<p>ação no ambiente, de forma independente do dispositivo, sem precisar fazê-lo fisicamente.</p> <p>Certifique-se de que todas as áreas da interface do usuário possam ser acessadas usando o mesmo método de entrada.</p> <p>Permitir que vários métodos de entrada sejam usados ao mesmo tempo.</p>

Fonte: W3C Working Group (2021)

Em paralelo a isso, existe um capítulo no guia do desenvolvedor da XR Association (XRA) sobre *design* inclusivo em experiências imersivas, no qual é apresentado um conjunto de recomendações apoiadas pela indústria no desenvolvimento de projetos acessíveis não apenas para usuários com deficiência, mas que se mostram relevantes na qualidade de experiência de todos os usuários. De acordo XRA (2020), podemos listar algumas práticas de acessibilidade:

(a) Recomendações gerais de acessibilidade:

- Remoção ou redução de componentes visuais de fundo e sonoros que podem fazer com que pessoas com perda de audição ou com deficiência cognitiva tenham uma experiência confusa ou desorientadora, priorizando assim o uso de audiodescrição;
- Uso de funções de desfazer e refazer: interessantes para pessoas com deficiências físicas, cognitivas, visuais que tenham feito por engano ou devido à imprecisão pelo *hardware* alguma ação, a possibilidade de confirmação antes de uma tarefa ser executada também seria uma vantagem.

(b) Acessibilidade visual:

- Alteração do tamanho dos objetos, elementos e texto: permitir que os usuários ampliem ou reduzam objetos e textos além de poderem alterar a fonte de textos, dessa forma tornam-se facilmente legíveis, além da alteração no contraste desses itens;

- Sobreposições: garantir que sobreposições do tipo *scrim* não introduzam gradientes com cores que possam tornar o texto ilegível para os utilizadores com deficiências visuais, criar outras dificuldades na leitura do texto.

(c) Acessibilidade para pessoas com deficiência auditiva:

- Recursos de áudio: utilização de legendas onde os usuários possam alterar o plano de fundo, cores e fontes dessas;
- Língua de sinais: exibir, no contexto do trabalho, a Língua Brasileira de Sinais (LIBRAS) dentro da aplicação garantindo que outras informações não sejam obscurecidas por esse recurso.

Dessa maneira, implementar práticas de *design* inclusivo não apenas facilita o acesso para usuários com deficiência, mas também enriquece a experiência de todos os usuários, promovendo uma realidade imersiva mais intuitiva, acessível e agradável.

### 2.3 Tecnologias para desenvolvimento de Realidade Aumentada

Souza et al. (2016), em seu artigo, analisam a interação dos indivíduos com áreas urbanas através do uso do jogo Pokémon GO, destacando suas possíveis aplicações como ferramenta de experiência turística. A RA é utilizada para integrar elementos virtuais ao mundo real, possibilitando uma interação dinâmica dos jogadores com os espaços físicos. A tecnologia empregada no jogo inclui o uso de dispositivos móveis equipados com *Global Positioning System* (GPS) e câmeras para localizar e capturar criaturas virtuais em ambientes reais, promovendo o deslocamento e a exploração dos jogadores por diferentes pontos turísticos.

Dessa forma, evidencia-se o quanto aplicações RA agregam em diferentes áreas, como a do turismo que foi destacada. Auxiliando assim na aderência dos usuários, uma vez que com o uso do celular há uma praticidade e economicidade quanto a aquisição de equipamentos.

Existem soluções específicas de plataformas para o desenvolvimento de implementações que utilizam RA. Um exemplo de ferramenta é a *Vuforia Engine*, que é um kit de desenvolvimento de *software* (SDK, do inglês *Software Development Kit*) para criação de aplicativos de RA. Com essa ferramenta é possível o reconhecimento de imagens, objetos e espaços. Aplicações realizadas são suportadas em dispositivos *android*, *iOS*, *Magic Leap* e *Universal Windows Platform* (UWP). Esse SDK pode ser obtido de forma gratuita.

Outro recurso para o desenvolvimento é o *ARToolkit*, que é uma biblioteca de código aberto, que emprega métodos de visão computacional detectando *tags* em imagens capturadas por câmera. O projeto ARToolkitX foi criado para dar seguimento à biblioteca impulsionando a compreensão dos algoritmos subjacentes para novos desenvolvedores.

### 3 TRABALHOS RELACIONADOS

O objetivo deste capítulo é relacionar a abordagem de outros autores, que utilizam outros métodos ou possuem objetivos similares à proposta deste trabalho.

O artigo de Lima *et al.* (2009) apresenta um protótipo de software chamado AREA, que utiliza RA para auxiliar pessoas com necessidades educacionais especiais no processo de ensino-aprendizagem. Os autores usaram o software ARToolKit para reconhecer marcadores e gerar conteúdo em RA. O AREA funciona através de marcadores impressos que, quando tocados pelo usuário, exibem objetos 3D, informações sonoras e artigos em HTML (*Hypertext Markup Language*).

O sistema também possui textos em Braille na placa de comandos para viabilizar o uso por pessoas com deficiências visuais. O protótipo foi construído com uso de um *notebook* e uma *webcam* em um suporte fixo para focalizar na placa de comandos.

Marçal (2018) aborda a Realidade Aumentada aplicada a museus. A RA é utilizada para restaurar objetos danificados, recriar seus contextos de uso, adicionar camadas de texto, vídeos, elementos tridimensionais, narrações e audiodescrição. Para atrair o público, museus e sítios arqueológicos utilizam essa tecnologia. Exemplos notáveis incluem o Perceptoscópio, binóculos de RA que revelam imagens históricas ou de projetos futuros, e o Projeto Lumin, que usa o Google Tango para criar animações 3D sobre objetos expostos. A RA também tem sido utilizada para recriar a policromia original de monumentos históricos, como no projeto do Ara Pacis em Roma construído aproximadamente em 9 a.C pelo Imperador Augusto. Essas iniciativas demonstram o potencial da RA para transformar a experiência museológica, permitindo um acesso mais amplo e profundo ao patrimônio cultural.

Pessoa e Da Silva (2017) discutem o desenvolvimento do projeto Visita Virtual que utiliza tecnologias de RV e RA para criar uma experiência de visita virtual ao campus da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (UNIFESSPA). Este projeto, realizado pelo Media Lab/UNIFESSPA, visa fornecer uma alternativa para comunidade acadêmica e interessados a ingressar na instituição que não podem visitar fisicamente a universidade devido a restrições geográficas ou financeiras. A primeira fase do projeto envolveu a criação de modelos tridimensionais das plantas baixas dos prédios do campus, resultando em produtos de RV e RA que permitem a virtualização do ambiente universitário e a manifestação em 3D da planta baixa utilizando o celular. A pesquisa teve o objetivo de desenvolver um *software* que integre essas tecnologias, oferecendo uma ferramenta gratuita para futuros alunos, funcionários e demais interessados.

Coelho (2020) explora a interseção entre turismo e tecnologia através da implementação da aplicação Vizela RA no município de Vizela no norte de Portugal. A Realidade Aumentada é destacada como uma ferramenta inovadora que integra elementos virtuais e reais, redefinindo a forma como percebemos o ambiente ao redor e proporcionando experiências enriquecedoras para visitantes e residentes. O artigo analisa tanto os aspectos teóricos quanto os práticos dessa tecnologia, enfatizando o papel das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) na promoção de destinos turísticos. No estudo de caso prático de Vizela, a aplicação Vizela RA é apresentada como um exemplo bem sucedido de utilização da RA para valorizar o patrimônio histórico e cultural local, proporcionando visitas guiadas interativas por meio de dispositivos móveis. A aplicação não apenas atrai turistas, mas também promove o conceito de município inteligente, alinhando-se com o Plano Municipal de Turismo de Vizela.

Pires (2023) descreve uma implementação de RA através de *plugin* do *kit* de desenvolvimento *Vuforia* juntamente com a tecnologia Unity 3D. Durante a criação da aplicação de promoção do turismo e poesia portuense através de dispositivos móveis, foi observado que a detecção de alvos pelo aplicativo dependia da qualidade de resolução dos alvos. A autora destaca o impacto positivo da tecnologia na compreensão e leitura de textos através de uma literatura recreativa. Este recurso se mostrou promissor impactando o turismo local e da poesia podendo ser replicada em outros contextos, culturais e regionais por exemplo.

Leite (2017) explorou a utilização da RA no contexto educacional, focando-se na criação de novas experiências e conhecimentos através da aplicação Aurasma. Utilizando dispositivos móveis, a aplicação da Aurasma permite sobrepor informações digitais, como imagens 3D e vídeos, sobre o mundo real, enriquecendo a experiência dos usuários em locais históricos relacionados ao escritor português Camilo Castelo Branco. A tecnologia utilizada, desenvolvida pela HP Autonomy, inclui uma aplicação para dispositivos Android e iOS, além da plataforma Aurasma Studio para criação e gerenciamento de conteúdos RA.

Caldas *et al.* (2018) apresentam o desenvolvimento e a potencialidade do aplicativo Missão Nascente como uma ferramenta pedagógica para educação ambiental. Utilizando Realidade Aumentada e gamificação, o aplicativo visa proporcionar uma experiência interativa e educativa durante trilhas ecológicas no Jardim Botânico de Brasília. A RA é usada para sobrepor informações digitais ao ambiente real, enriquecendo o conhecimento sobre o bioma do Cerrado. O aprendizado e a conscientização dos usuários sobre ecologia, botânica, fenologia e etnobotânica. O uso da tecnologia envolve dispositivos móveis como *smartphones*

e *tablets*, que permitem uma abordagem acessível, autônoma e envolvente para a educação ambiental, proporcionando o retorno dos visitantes e a interação contínua incentivando com o conteúdo ao longo das diferentes temporadas do ano.

A partir dos trabalhos relacionados nota-se a gama de benefícios que o uso de implementações com RA trazem em diferentes contextos e para diversas finalidades. Lima *et al.* (2009) apresentam uma solução acessível, por meio da utilização de ‘tarjas’ em Braille. Um pouco mais recente, porém com o mesmo viés de ensino e aprendizagem, Caldas *et al.* (2018) acrescenta a gamificação em conjunto com a RA apresentando o desenvolvimento de uma ferramenta pedagógica.

Leite (2017) e Pires (2023) se assemelham no ensino da literatura portuguesa através de ferramentas para incentivar alunos e pessoas interessadas. Ambas as abordagens demonstram o impacto positivo da RA no incentivo à leitura e na valorização do patrimônio cultural, podendo ser adaptadas a diversos contextos culturais e regionais. O turismo é tratado por Coelho (2020) mudando a experiência dos visitantes e também dos habitantes do município de Vizela onde foi aplicado o estudo. A RA também pode ser uma aliada na visitação de museus, como visto em Marçal (2018), atraindo o público por meio de apelo tecnológico e também no complemento de acervos danificados, por exemplo.

Para o projeto proposto, a finalidade que mais se aproxima é a descrita por Pessoa e Da Silva (2017), que seria auxiliar as questões logísticas, de prováveis alunos e comunidade acadêmica em geral, conhecer por meio da RA e RV a universidade. Porém, apenas a RA será utilizada, juntamente com uma compilação de diretrizes de acessibilidade pré-estabelecidas, levando em consideração a aquisição de equipamentos para a utilização, os usuários utilizaram seus dispositivos móveis.

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

Adotou-se ferramentas e recursos para o desenvolvimento de aplicações de Realidade Aumentada. Existem várias plataformas específicas disponíveis para o desenvolvimento dessas implementações serão destacadas as promissoras para realização desse projeto.

### 4.1 Técnicas e Tecnologias

O SDK Vuforia<sup>1</sup> permite a criação de aplicações de RA. Essa ferramenta consegue reconhecer imagens, objetos e espaços, permitindo a criação de experiências de RA interativas e imersivas. O Vuforia Engine é compatível com diversos dispositivos e sistemas operacionais, como já mencionado na seção 2.3, e pode ser obtido gratuitamente, facilitando o acesso a desenvolvedores. Se torna interessante que a partir desse *software* o Unity<sup>2</sup> será capaz de reconhecer localizações.

Como também já mencionado na seção 2.3, outro recurso para o desenvolvimento de aplicações RA é o ARToolKit<sup>3</sup>. Através de marcadores, há a sobreposição de objetos virtuais no meio físico do usuário. Como vantagem está sua distribuição *open-source* detectando *tags* na imagem capturada por uma câmera.

Além disso, outro recurso a ser utilizado é o *Model Target Generator* do *Vuforia Engine* que converte um modelo 3D, gerado a partir do aplicativo *RealityScan Mobile*<sup>4</sup>, em um banco de dados para rastreamento de realidade aumentada (RA).

A escolha da ferramenta e de recursos para implementação do *software* acessível para descrever espaços e serviços da Unipampa dependerá da compatibilidade e possibilidade de integração das diretrizes de acessibilidade no aplicativo. Além disso, leva-se em consideração os recursos disponíveis de acessibilidade embutidos nas ferramentas de desenvolvimento.

---

<sup>1</sup> Disponível em < <https://developer.vuforia.com> >.

<sup>2</sup> Disponível em < <https://unity.com> >.

<sup>3</sup> Disponível em < <https://www.artoolkitx.org> >.

<sup>4</sup> Disponível em < <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.epicgames.realityscan> >

## 4.2 Diretrizes de acessibilidade para RA

Para integração de recursos de acessibilidade no aplicativo proposto, um conjunto de diretrizes será necessário. O Capítulo 2 deste trabalho apresentou algumas dessas recomendações, sendo elas gerais para conteúdo *web* da WCAG, que podem ser aplicadas em ferramentas XR, além de diretrizes específicas para recursos com RA embutida do W3C Working Group (2021) e do Guia do Desenvolvedor XRA (2020). A escolha dessas diretrizes foi baseada em sua relevância e aplicabilidade a ferramentas de RA, garantindo que o software atenda às necessidades de diferentes perfis de usuários. As seguintes recomendações para implementação do *software* proposto serão consideradas em um primeiro momento:

- a) Descrição alternativa para conteúdo não textual - (WCAG 1.1.1 Conteúdo não textual);
- b) Recursos de legendas - (WCAG 1.2.2 Legendas pré-gravadas);
- c) Finalidade de *links*, botões ou ícones - (WCAG 2.4.4 Finalidade do *link* em contexto);
- d) Compatibilidade com as Tecnologias Assistivas - XRA (2020);
- e) Controle de configurações relacionadas a acessibilidade - XRA (2020);
- f) Compatibilidade com comandos de voz - XRA (2020);
- g) Ampliação ou redução de objetos e textos - XRA (2020);
- h) Ajuste de cores dos componentes - XRA (2020).

## 4.3 Avaliação do resultado

A avaliação de acessibilidade do *software* se dá por inspeção de acessibilidade com um especialista. Essa avaliação foi baseada em *checklist* para verificar a conformidade com padrões, contendo os Requisitos de acessibilidade do Sistema presentes no Apêndice A deste documento. A avaliação de conformidade com padrões em Interação Humano-Computador (IHC) é essencial quando a interface deve seguir normas específicas, como os padrões de acessibilidade do W3C, garantindo que usuários não enfrentem barreiras apesar de suas limitações (BARBOSA *et al.*, 2021).

Além da avaliação de acessibilidade durante o uso, é realizada uma avaliação por meio de testes de usabilidade com usuários (BARBOSA *et al.*, 2021) a fim de encontrar problemas na qualidade de uso. Através da realização de tarefas utilizando o *software*, os participantes fazem registros de problemas encontrados, considerando sua experiência de uso. Essa variação de teste com auto registro dos resultados garante a naturalidade da exploração do aplicativo e permite maior flexibilidade em sua realização, considerando a disponibilidade da autora. A Tabela 3, mostrada a seguir, contém as principais atividades do teste de usabilidade.

Para a realização do teste-piloto um usuário recebeu uma versão inicial do aplicativo e realizou as mesmas tarefas no contexto do Campus definidas nos testes de usabilidade descritas na Seção 6.1.

Tabela 3 - Atividades presentes em um teste de usabilidade

Atividade	Tarefa(s)
Preparação	<ul style="list-style-type: none"> <li>● definir tarefas para os participantes executarem</li> <li>● definir o perfil dos participantes e recrutá-los</li> <li>● executar um teste-piloto</li> <li>● informar os participantes dos procedimentos para instalação do aplicativo e registro das atividades</li> </ul>
Coleta de dados	<ul style="list-style-type: none"> <li>● os participantes usam o aplicativo e registram problemas e sugestões de melhorias</li> </ul>
Interpretação e consolidação dos resultados	<ul style="list-style-type: none"> <li>● reunir, contabilizar e sumarizar os dados coletados dos participantes</li> </ul>
Relato dos resultados	<ul style="list-style-type: none"> <li>● incorporar os resultados no TCC</li> </ul>

Fonte: Adaptado de Barbosa *et al.* (2021)

## 5 IMPLEMENTAÇÃO

É popular o desenvolvimento de aplicativos que contam com experiências imersivas, tanto de RA quanto de RV, com a ferramenta de *software Unity Engine*. Esse ambiente de implementação de jogos é multiplataforma, permitindo a exportação de jogos para diferentes dispositivos e sistemas operacionais. A *Unity* tem suporte nativo ao *Vuforia*, bem como ao *ARToolKit* e *ARCore*. Essa integração facilita a criação de *scripts* personalizados em linguagem C# e a utilização de recursos que incluem rastreamento de imagens, detecção de planos e objetos, entre outros.<sup>5</sup>

Para melhor compreensão das ferramentas a serem utilizadas, o curso “Unity + Vuforia: Guia para iniciantes em Realidade Aumentada”<sup>6</sup> foi realizado na plataforma Udemy, facilitando o entendimento e o domínio sobre as tecnologias que fizeram parte desse TCC.

Na implementação da solução foram levados em consideração os recursos oferecidos pela integração das ferramentas da *Unity* e *Vuforia* e, a partir disso, foram formulados os Requisitos Funcionais e Não Funcionais do Sistema e também os Casos de Uso apresentados no Apêndice A. Além disso, embora o desenvolvimento do aplicativo com estas ferramentas seja promissor conforme Pires (2023), a utilização do *ARToolKit* apresentou incompatibilidades devido à versão da *Unity* como observado por Lima et al. (2009).

### 5.1 Protótipos de tela

Foram desenvolvidos alguns protótipos de tela de baixa fidelidade levando em consideração a implementação que resulta em uma experiência positiva para os usuários. Estes foram realizados no *software* de prototipagem Figma onde podem ser acessados<sup>7</sup>. A evolução e o resultado final dos protótipos de tela podem ser encontrados no Apêndice C.

A Figura 1, apresentada a seguir, ilustra alguns protótipos de tela. Nela é mostrado o protótipo de (a) uma tela de inicialização com um nome preliminar do aplicativo; (b) uma tela para configuração das preferências do usuário que devem ser salvas, sendo possível modificar o tamanho da fonte e fazer outros ajustes; (c) uma tela que mostra a imagem através da câmera do dispositivo (neste caso a Estátua do Pedro Pampa localizada na frente do restaurante universitário); e (d) uma tela com informações da estrutura depois de ter sido

<sup>5</sup> Disponível em: <https://developer.vuforia.com/library/>

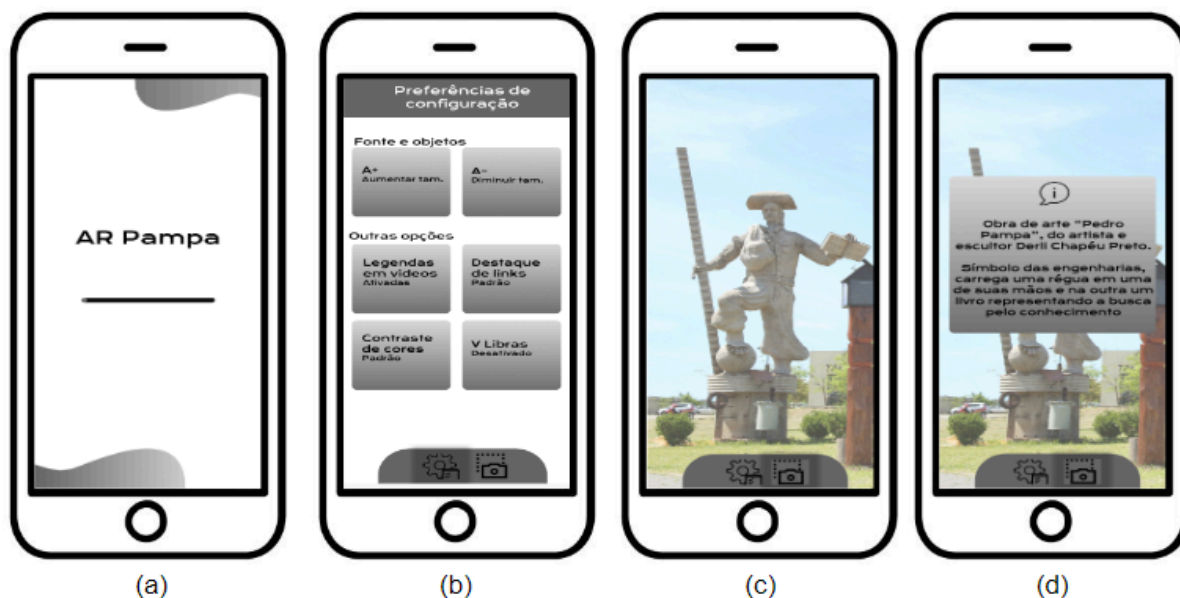
<sup>6</sup> Disponível em:

[https://www.udemy.com/course/unity-vuforia-guia-para-iniciantes-em-realidade-aumentada/?srsltid=AfmBOopU6Qes20yzln5A\\_OzgaPgh0dhBhOixFpcGCLPWyodA7acD-opO](https://www.udemy.com/course/unity-vuforia-guia-para-iniciantes-em-realidade-aumentada/?srsltid=AfmBOopU6Qes20yzln5A_OzgaPgh0dhBhOixFpcGCLPWyodA7acD-opO)

<sup>7</sup> <https://www.figma.com/design/6Mx2yFrArdzpXDnCcE3vsi/arpampa?node-id=0-1&t=9IVaD4Ly8DVLfFhC-1>

identificada pelo aplicativo por captura de *QR code*, através da geolocalização, de *tags* NFC ou do reconhecimento da própria estátua.

Figura 1- Protótipos de tela



Fonte: Autora

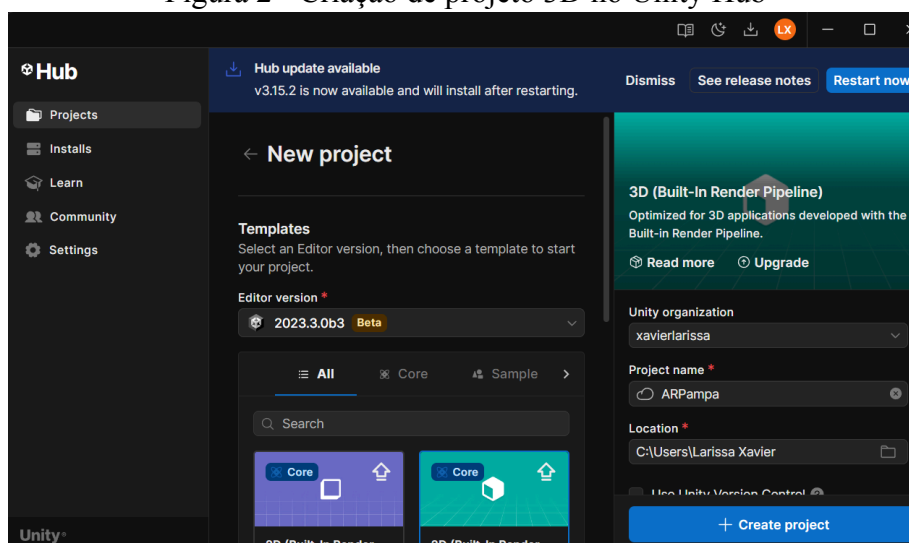
## 5.2 Implementação e Configuração utilizando o *Unity Hub* e *Vuforia*

Primeiramente foi necessário instalar o editor Unity Hub, na versão 3.13.0, e baixar o *Vuforia Engine SDK*, na versão 11.4.4, para criação de aplicativos de RA. Além disso, a versão 2023.3.0b3 da *Unity* foi instalada. Junto ao Editor devem ser instalados para realização de testes posteriores o Android Build Support, Android SDK e Open JDK. Também é obrigatório possuir uma conta e uma licença para utilização dos recursos da *Vuforia*. Ademais, foi preciso instalar e configurar o editor Visual Studio 2022 da *Microsoft* (versão 17.14.7).

Já no Unity Hub foi criado um novo projeto 3D, como podemos observar na Figura 2. Em seguida, importamos o pacote oficial da Unity com materiais na pasta Assets do projeto conforme representado na Figura 3.

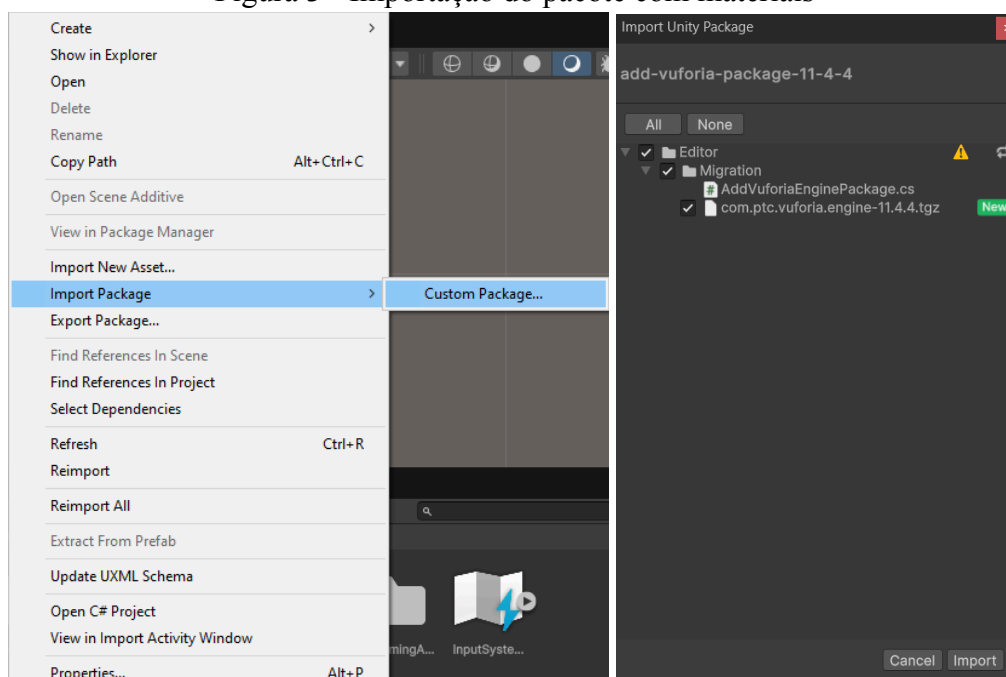
Na pasta Scenes foram criadas as cenas do projeto (Carregamento, Configurações, Captura, Captura 1, Informações e Menu), sendo necessário posteriormente adicionar cada cena nas configurações do *Build Settings* por serem a lista de cenas (telas) do projeto como mostrado na Figura 4.

Figura 2 - Criação de projeto 3D no Unity Hub



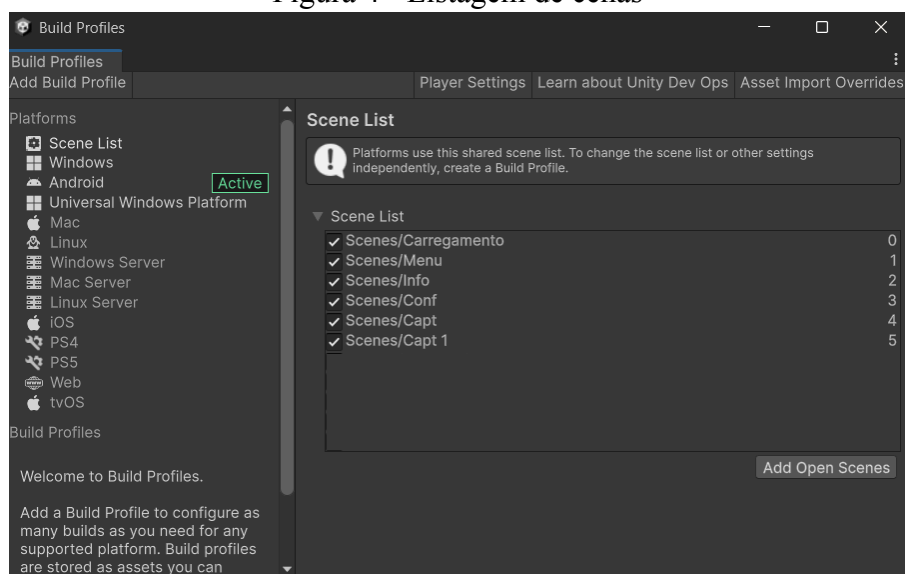
Fonte: Autora

Figura 3 - Importação do pacote com materiais



Fonte: Autora

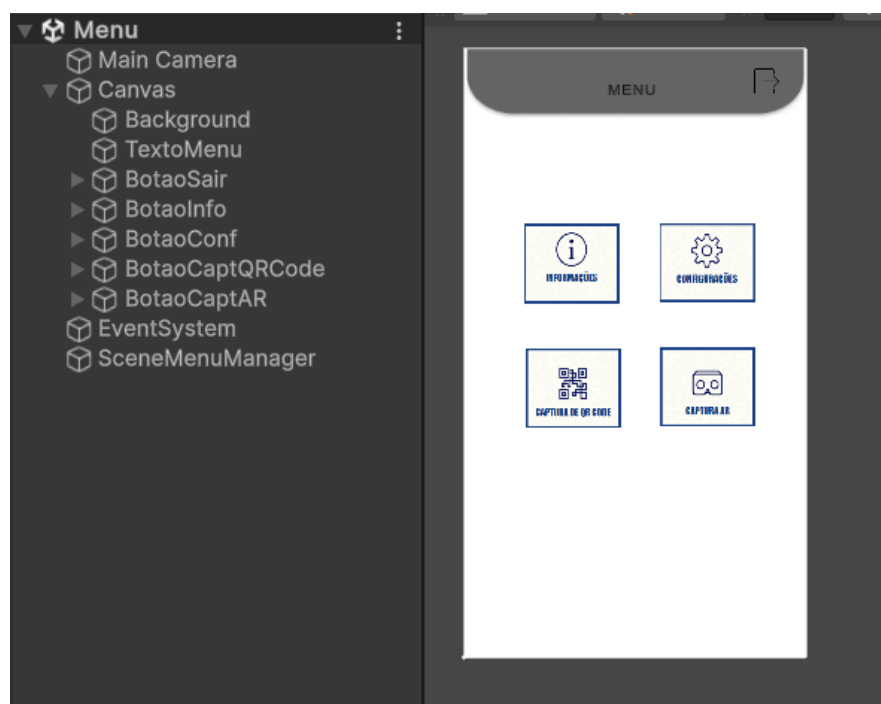
Figura 4 - Listagem de cenas



Fonte: Autora

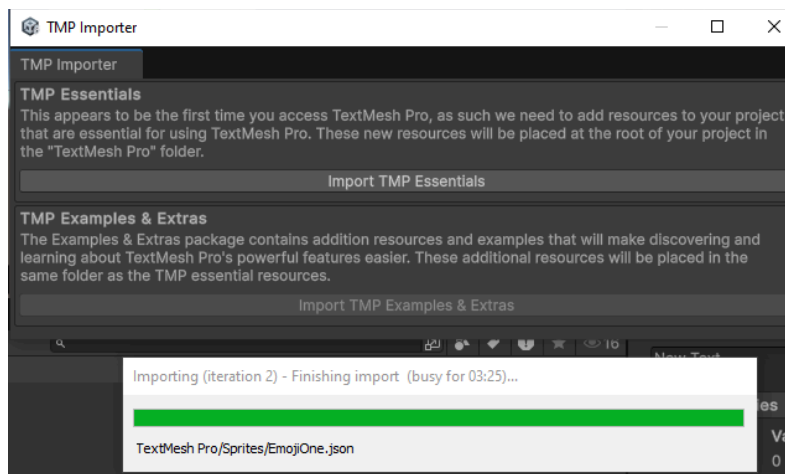
A partir das cenas criadas, adiciona-se os elementos da Interface do Usuário (do inglês *User Interface* - UI, presente no editor) para determinadas funções. Iniciando pela cena Menu, como é possível observar na Figura 5, foram adicionados *Background*, *TextMesh Pro* (TMP), botões de redirecionamento para as demais cenas, botão para sair do aplicativo e objeto gerenciador *SceneMenuManager*. Vale ressaltar que para utilização de elementos TMP é essencial importar recursos adicionais para renderização de textos, como mostra a Figura 6.

Figura 5 - Scene Menu e estrutura dos seus elementos



Fonte: Autora

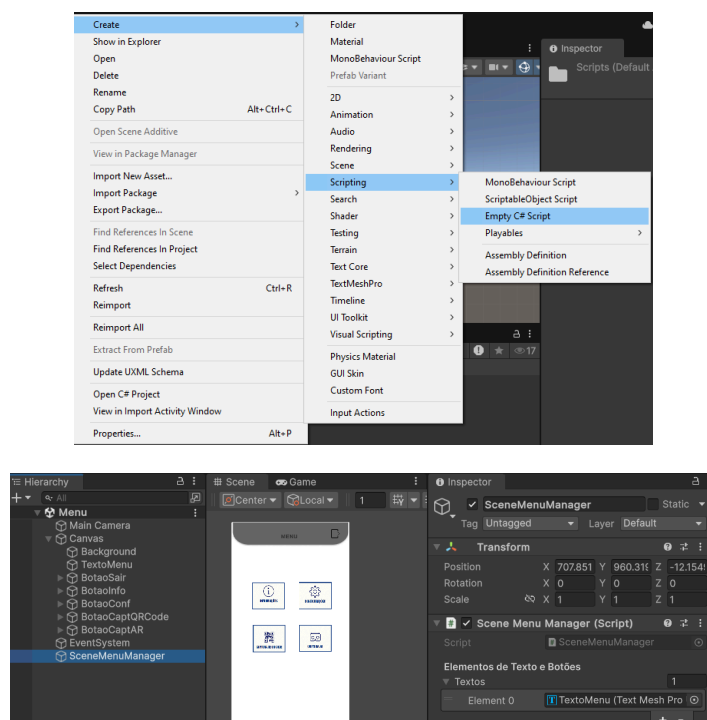
Figura 6 - Importação dos recursos TMP



Fonte: Autora

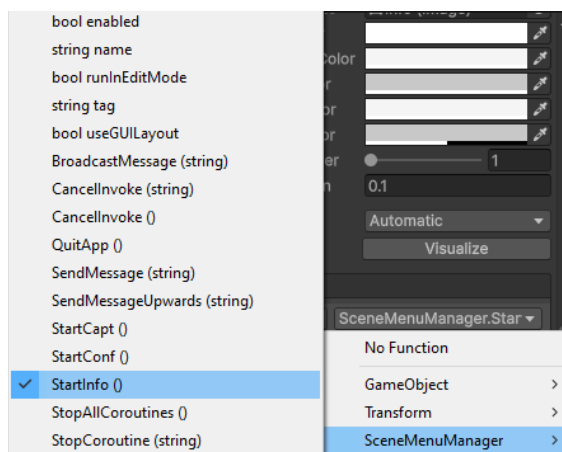
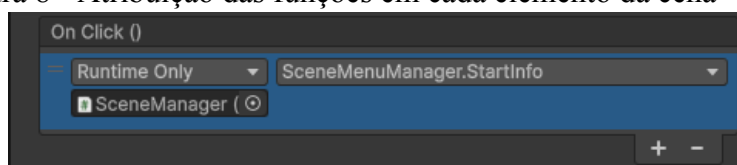
Para configuração do Menu, criamos o arquivo *SceneMenuManager*, em linguagem C# na pasta *Scripts*. Esse código deve ser adicionado como componente do objeto *MenuSceneManager* (Figura 7). Após as funções do código, como *StartMenu()* e *Quit()*, estarem prontas, é definida a ação, ou seja, a atribuição respectiva para cada elemento da cena, como podemos observar na Figura 8.

Figura 7 - Criação e atribuição como componente o script em C#



Fonte: Autora

Figura 8 - Atribuição das funções em cada elemento da cena



Fonte: Autora

Em paralelo, devemos criar os materiais do aplicativo na ferramenta *Vuforia*. Vale destacar que é necessária uma licença para uso do recurso, como mostrado na Figura 9. Para o reconhecimento de imagens devemos organizar os *target manager*, como apresentamos no Apêndice B. As imagens-alvo formaram dois Bancos de Dados do tipo *device*, o primeiro para *QR-Codes* (Figura 10) e o segundo para fotos dos espaços (Figura 11) denominado Registros Locais. Logo após, fizemos o *download* de cada *database* e importamos na pasta principal do projeto, *Assets*, no *Unity Hub*. Nesse caso, apenas as *image targets* do banco de dados *QR-Codes* foram usadas no projeto, pois as informações de alguns espaços internos são acessadas de forma mais prática e precisa pela captura de *QR-Codes*.

Figura 9 - Licença ativa na ferramenta *Vuforia*

The screenshot shows the Vuforia engine developer portal. The navigation bar includes Home, News, Downloads, Library, Support, and Pricing. Below the navigation bar, there are tabs for Account, Plan & Licenses, Credentials, and Target Manager. The current page is titled 'Licenses > testeRA'. Underneath, there are links for 'Edit Name' and 'Delete License Key'. A tab for 'License Key' is selected, and a message says 'Please copy the license key below into your app'. A text box contains the license key: 'ATL-ATL///'. Below the text box, the license details are listed: Plan Type: Basic, Status: Active, Created: Jun 19, 2024 13:28, and License UUID: [redacted].

Fonte: Autora

Figura 10 - Banco de Dados *QR-Codes*

The screenshot shows the 'QrCodes' interface. It has a title 'QrCodes' with an 'Edit Name' link. Below the title, it says 'Type: Device' and 'Targets (5)'. There are two buttons: 'Add Target' and 'Download Database (All)'. Below these buttons is a table with the following columns: Target Name, Type, Rating, Status, and Date Modified. The table contains five rows of data:

Target Name	Type	Rating	Status	Date Modified
Biblioteca	Image	★★★★★	Active	May 06, 2025
PedroPampa	Image	★★★★★	Active	May 06, 2025
NuDE	Image	★★★★★	Active	May 06, 2025
SecAcad	Image	★★★★★	Active	May 06, 2025
RU	Image	★★★★★	Active	May 06, 2025

Fonte: Autora

Figura 11 - Banco de Dados Registros Locais

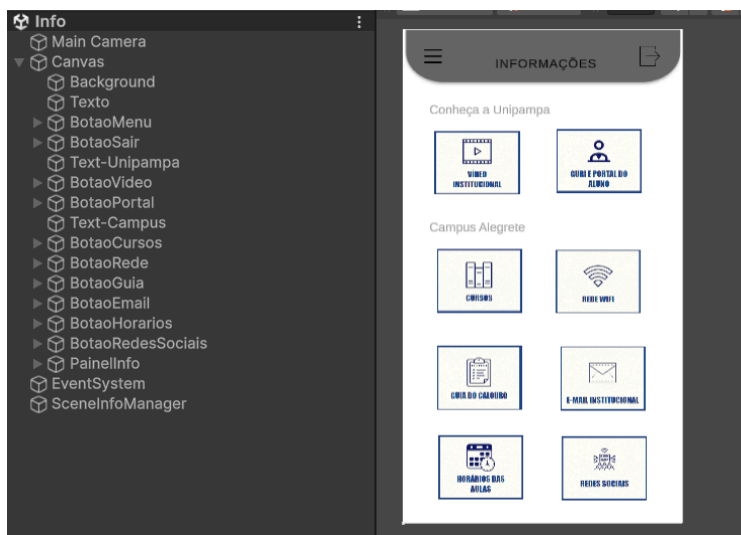
The screenshot shows the 'RegistrosLocais' interface. It has a title 'RegistrosLocais' with an 'Edit Name' link. Below the title, it says 'Type: Device' and 'Targets (8)'. There are two buttons: 'Add Target' and 'Download Database (All)'. Below these buttons is a table with the following columns: Target Name, Type, Rating, Status, and Date Modified. The table contains eight rows of data:

Target Name	Type	Rating	Status	Date Modified
Biblioteca	Image	★☆☆☆☆	Active	May 06, 2025
PedroPampa2	Image	★★★★★	Active	May 06, 2025
PedroPampa1	Image	★★★★★	Active	May 06, 2025
NuDE2	Image	☆☆☆☆☆	Active	May 06, 2025
NuDE1	Image	☆☆☆☆☆	Active	May 06, 2025
SecAcad2	Image	★☆☆☆☆	Active	May 06, 2025
SecAcad1	Image	★☆☆☆☆	Active	May 06, 2025
RU	Image	★★★★☆	Active	May 06, 2025

Fonte: Autora

Já a cena Info conta com a estrutura que pode ser observada na Figura 12: *Background*, elementos textuais, botões para redirecionamento entre cenas e um painel com as informações. A partir do componente *PainelInfo* o usuário pode ter informações sobre o Portal do Aluno, Cursos do Campus Alegrete, Guia do Calouro, entre outros.

Figura 12 - Estrutura da cena Info



Fonte: Autora

O projeto também conta com uma tela própria de carregamento. A Figura 13 retrata a estrutura dos componentes *Background* (imagem criada com apoio de Inteligência Artificial), *TextoCena* (com *Accessible Element*) e o objeto *SceneCarregamentoManager*. Esse objeto tem um *script* em C# que redireciona para a cena Menu detalhada anteriormente.

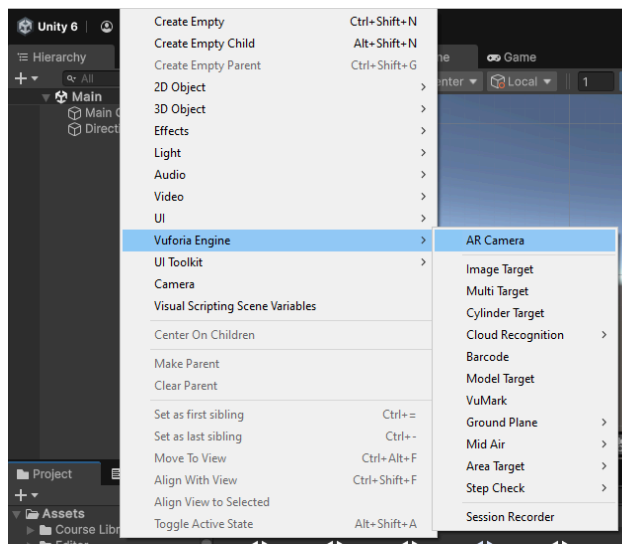
Figura 13 - Estrutura da cena Carregamento



Fonte: Autora

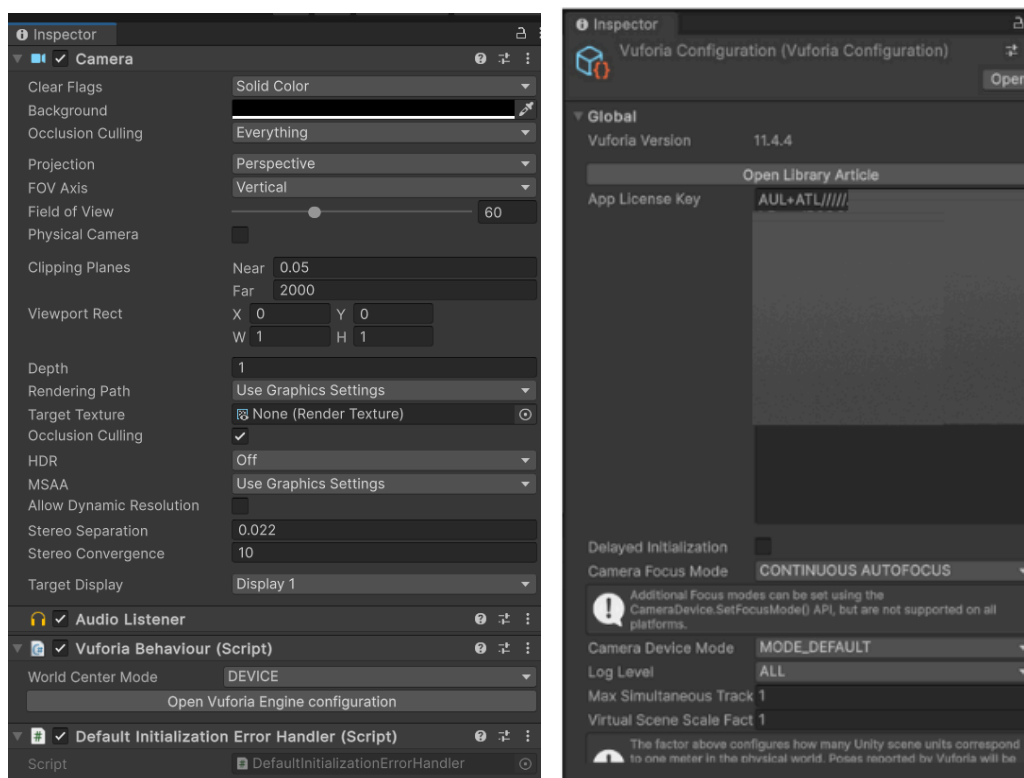
A configuração do *Vuforia* na *Unity* continua na cena Main, na opção Game Object adicionamos um componente *Vuforia Engine*, AR Câmera, como mostra a Figura 14. Também é imprescindível a inserção da licença (Figura 15), selecionando as configurações da ferramenta e depois adicionando o respectivo código da chave.

Figura 14 - Adição da AR Câmera



Fonte: Autora

Figura 15: Inserção da licença



Fonte: Autora

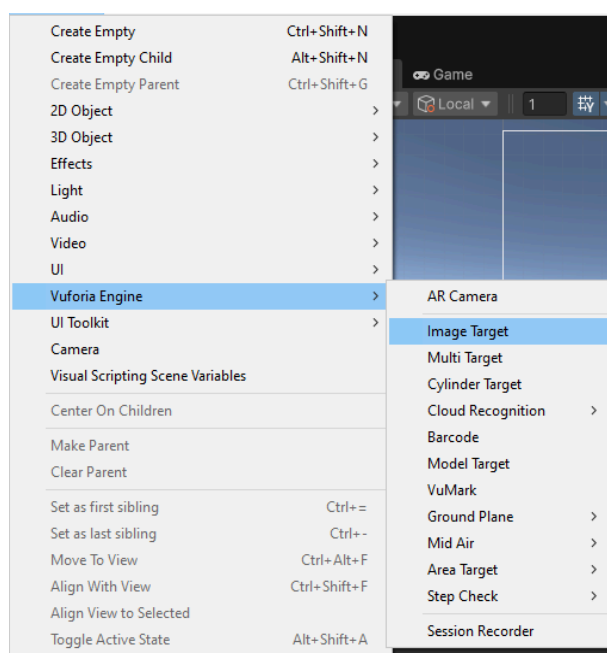
A partir disso, iniciou-se a construção dos alvos, ou seja, das imagens-alvo. Para cada alvo selecionamos *GameObject* seguido de *Vuforia Engine* e por fim o componente *Image Target* como mostra a Figura 16.

A Figura 17 mostra as configurações para a imagem-alvo do Restaurante Universitário (RU): o tipo é *From Database*, o Banco de Dados é o *QRCodes* (importado anteriormente) e a *Image Target* seria o alvo em questão.

Na Figura 18, podemos observar a estrutura da cena *Main*. Ela contém as imagens-alvo, *ARCamera* que representa o componente que usa a câmera do dispositivo para reconhecer objetos, *Painel* para exibir informações após uma *image target* ser detectada, título e botões de redirecionamento para a cena do menu e com a opção de saída do aplicativo, além do objeto *MainSceneManager* com o *script* em linguagem C#.

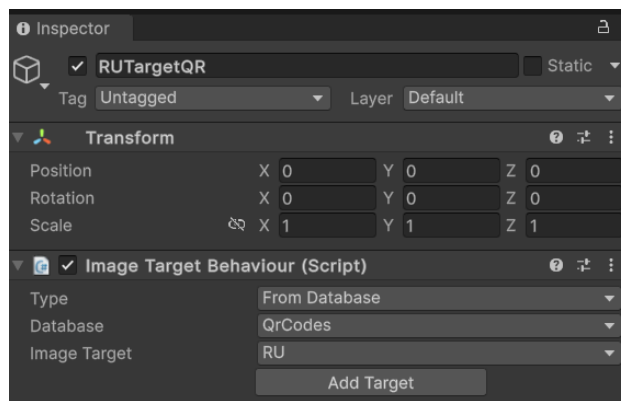
Já a cena Captura 1 (Figura 19) contém o modelo alvo para reconhecimento da Estátua do Pedro Pampa no ambiente físico por meio da câmera. Após identificado o objeto, é exibido um texto com informações sobre a escultura juntamente com um vídeo em LIBRAS com a tradução equivalente ao conteúdo textual.

Figura 16 - Inserção de *Image Target*



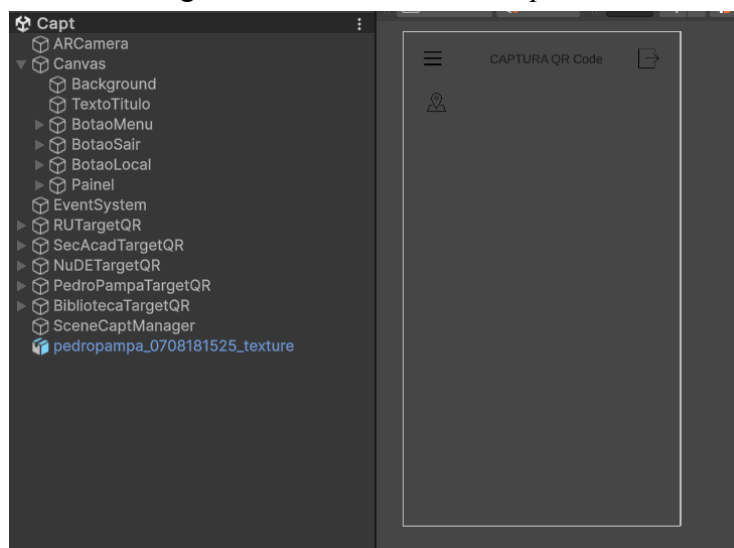
Fonte: Autora

Figura 17 - Inserção de *Image Target* RU from database QRcodes



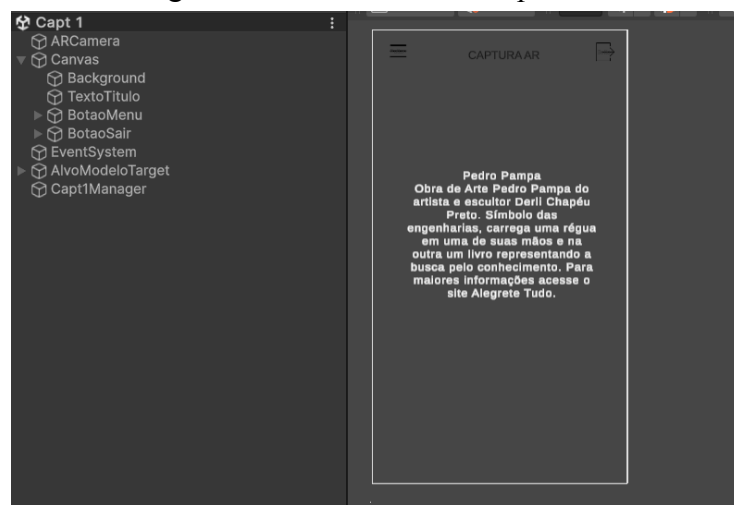
Fonte: Autora

Figura 18 - Estrutura cena *Captura*



Fonte: Autora

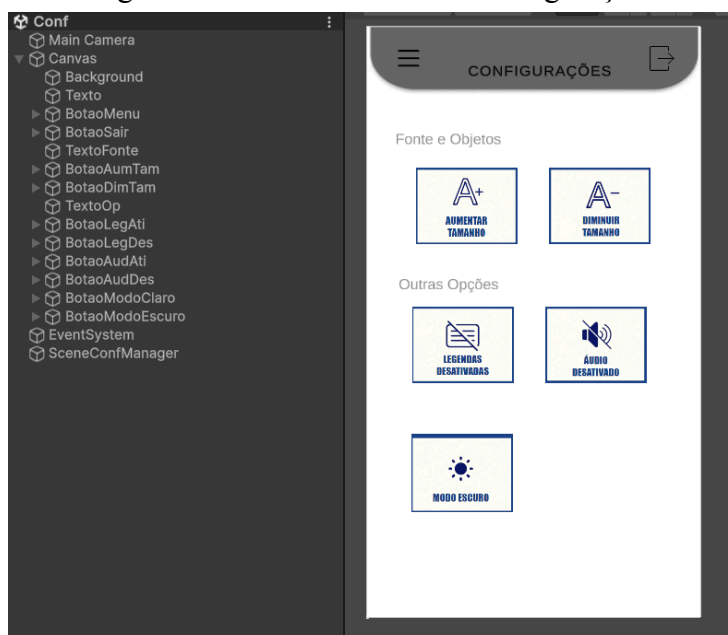
Figura 19 - Estrutura cena *Captura 1*



Fonte: Autora

Na Figura 20, podemos observar a estrutura da cena Configurações. Tal estrutura contém botões de redirecionamento para a cena do menu e de saída do aplicativo, além do objeto Gerenciador *ConfigSceneManager* com o *script* em linguagem C#. Além disso, componentes de texto e os demais botões para aumentar ou diminuir o tamanho da fonte e elementos, para ativar ou desativar legendas ou áudio e definição do modo claro ou escuro.

Figura 20 - Estrutura da cena Configurações



Fonte: Autora

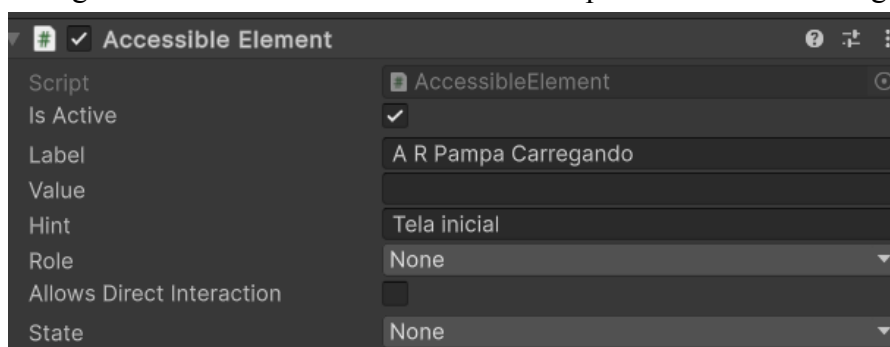
### 5.3 Recursos de Acessibilidade na Implementação

Após definidos alguns aspectos de acessibilidade na cena das Configurações, como o aumento e diminuição do tamanho da fonte de texto e elementos, ativação ou desativação de legendas, ativação ou desativação de áudio e escolha do modo (claro ou escuro), seus efeitos persistem nas demais cenas. Para isso, associamos esses elementos ao sistema embutido *Player Preferences (PlayerPrefs)*, tendo em vista que as preferências de acessibilidade não são destruídas de uma cena para outra.

A compatibilidade com o leitor de telas, TalkBack no sistema operacional Android (onde os testes foram realizados), foi um fator determinante para a escolha da versão 2023.3.0b3 da *Unity*. Com essa versão, todos os elementos, textuais ou não, têm como componente o *Accessible Element* para serem reconhecidos por tecnologias assistivas (Figura 21). Anteriormente, tentou-se utilizar uma versão mais recente da *Unity* (6000.0.53f) com a ferramenta *Unity Accessibility Plugin (UAP)* e a *Application Programming Interface (API)*

*UnityEngine.Accessibility* (próprias para acessibilidade na *Unity*), porém o reconhecimento dos elementos pelo *TalkBack* não funcionou adequadamente.

Figura 21 - *Accessible Element* como componente na cena Carregamento



Fonte: Autora

Nos painéis das cenas *Info* (com Informações sobre a Unipampa e o Campus Alegrete) e *Main* (Captura), adicionamos elementos para reprodução de vídeos, como *Raw Image* e *Video Player* com *Render Texture*. Esses vídeos servem para representar o conteúdo textual de português em LIBRAS. Os vídeos foram feitos no aplicativo VLIBRAS (Figura 22), uma ferramenta da parceria entre o Ministério da Gestão e Inovação em Serviços Públicos (MGISP), por meio da Secretaria de Governo Digital (SGD), MDHC/SNDPD, e a Universidade Federal da Paraíba (UFPB), através do Laboratório de Aplicações de Vídeo Digital (LAVID) (BRASIL, s.d).

Figura 22 - Aplicativo VLibras

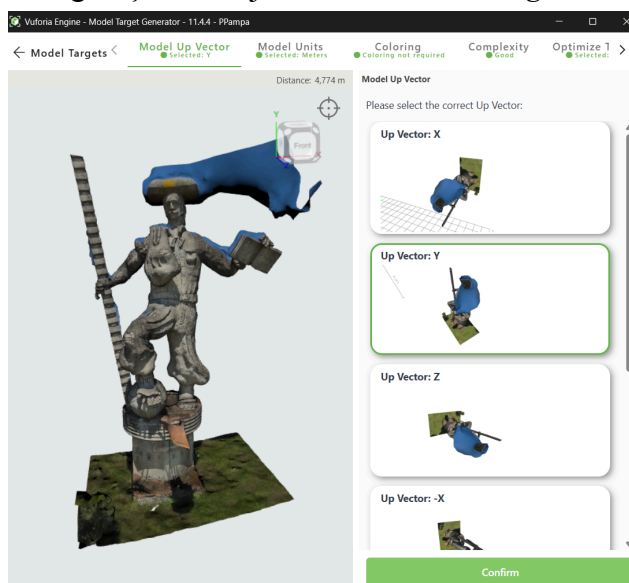


Fonte: Autora

#### 5.4 Configurações com *RealityScan Mobile* e *Model Target Generator*

Para o reconhecimento da Estátua do Pedro Pampa localizada no campus, foi necessária a montagem do modelo 3D dessa escultura. Tal objeto foi criado com o aplicativo *RealityScan Mobile*, da desenvolvedora norte-americana *Epic Games*, a partir de cerca de 200 fotos tiradas a partir de diferentes posições da escultura. Algumas das fotos acabaram não sendo usadas pelo *app* pela falta de conexão adequada entre partes das fotos para formar a nuvem de pontos que formam o objeto 3D. Após obter o modelo, o *Model Target Generator* da ferramenta *Vuforia* foi usado para converter esse objeto em banco de dados que pode ser usado em projetos do *Unity* para rastreamento de RA por meio de *Guia Views* e *Advanced Views* (que permitiu o reconhecimento em 360° da estátua) para o reconhecimento do objeto físico, como podemos observar na Figura 23.

Figura 23 - Configuração do objeto 3D no *Model Target Generator*



Fonte: Autora

## 6 RESULTADOS

Como resultados apresentam-se neste capítulo dados dos testes de usabilidade, da inspeção de acessibilidade, do funcionamento do aplicativo, além dos desafios e lições aprendidas no desenvolvimento desse projeto.

### 6.1 Testes de Usabilidade

Para a realização dos testes de usabilidade, oito participantes foram recrutados por meio de convites pontuais. Nenhum dado demográfico ou de identificação dos participantes foi armazenado. Esses participantes são estudantes dos cursos de Ciência da Computação e Engenharia de *Software* do Campus.

Os participantes foram instruídos a seguir uma lista com determinadas tarefas:

- (a) Verificar informações sobre o Pedro Pampa (na estátua) usando o aplicativo;
- (b) Verificar informações sobre o NuDE (no *QR code*) usando o aplicativo;
- (c) Assistir ao vídeo institucional com legendas e áudio no aplicativo;
- (d) Ligar modo escuro e aumentar o tamanho da letra duas vezes no aplicativo;
- (e) Verificar a última data de atualização dos horários das aulas de 2025/2 usando o aplicativo.

Também foi solicitado aos participantes dos testes para que fizessem anotações dos problemas e dificuldades que encontrassem durante o uso do aplicativo. A Tabela 4 lista uma compilação desses problemas e sugestões, a prioridade em corrigi-los (atribuída pela autora desse trabalho), número de ocorrências e sugestão de solução. Os testes foram realizados por 8 participantes, sendo fornecidos a lista de tarefas e um dispositivo móvel com o aplicativo já instalado ou o *APK* para instalação no dispositivo móvel do próprio participante.

Tabela 4 - Compilação dos problemas encontrados nos testes de usabilidade e soluções

<b>Problema / Sugestões</b>	<b>Prioridade na correção</b>	<b>Número de ocorrências</b>	<b>Solução</b>
Ícone do botão de saída. Alguns participantes o acharam pouco intuitivo.	Alta	4	Mudança do ícone.
Reconhecimento da Escultura do Pedro Pampa somente em um determinado ângulo.	Alta	4	Reconhecimento em 360° utilizando um modelo avançado do <i>Model Target Generator</i> .
Tamanho da visualização do	Alta	3	Opção de exibir o vídeo em

<b>Problema / Sugestões</b>	<b>Prioridade na correção</b>	<b>Número de ocorrências</b>	<b>Solução</b>
vídeo institucional.			tela cheia.
Tamanho da visualização do vídeo do intérprete de LIBRAS.	Alta	2	Aumentar o tamanho do vídeo.
Botão <i>link</i> para <i>site</i> . Alguns participantes acharam-o pouco intuitivo.	Alta	3	Aumentar o tamanho e melhor indicá-lo.
Ativação de legenda e controle de reprodução (pausar, retroceder, avançar) no próprio vídeo.	Baixa	2	Adicionar estas funcionalidades.
Confirmação de saída do aplicativo.	Baixa	1	Adicionar essa funcionalidade.
Cópia dos endereços de e-mail.	Baixa	1	Adicionar um botão para cópia na área de transferência do dispositivo ou <i>link</i> de redirecionamento.
Instruções sobre o uso do aplicativo.	Baixa	1	Ter um passo a passo sobre o funcionamento no primeiro acesso.

Fonte: Autora

## 6.2 Inspeção de Acessibilidade

O *software* também foi avaliado por meio de uma Inspeção de Acessibilidade realizada por um especialista, utilizando um *checklist* baseado nos Requisitos de Acessibilidade do Sistema. Esse tipo de avaliação é importante para verificar padrões de IHC além dos requisitos especificados, ou seja, as recomendações selecionadas. A Tabela 5 apresenta os aspectos considerados nessa inspeção, bem como considerações sobre o funcionamento e correções para problemas que foram encontrados.

Tabela 5 - Aspectos da Inspeção de Acessibilidade

<b>Aspecto</b>	<b>Considerações</b>	<b>Correções</b>
Descrição alternativa para conteúdo não textual	- A tela de carregamento é informada corretamente e	Vídeo em LIBRAS equivalente ao conteúdo

Aspecto	Considerações	Correções
	automaticamente pelo leitor de telas	textual para leitor de tela na cena <i>Captura 1</i>
Recursos de legendas	Adequadamente integradas no vídeo	
Finalidade de links, botões ou ícones	Texto dos botões de legendas e áudio reflete o estado atual do ambiente, enquanto o texto do botão modo escuro reflete a consequência de ativação	Consistência do uso desses botões
Compatibilidade com as Tecnologias Assistivas	Compatibilidade com leitor de telas Android ( <i>TalkBack</i> )	
Controle de configurações relacionadas a acessibilidade	Opções funcionam corretamente	
Compatibilidade com comandos de voz	Não está integrado no aplicativo, logo não foi testado	
Ampliação ou redução de objetos e textos	Texto da área de informações ou das cenas <i>Captura</i> e <i>Captura 1</i>	Tamanho ajustado pela opção de aumentar ou diminuir texto geral do sistema
Ajuste de cores dos componentes	Apenas modo escuro	

Fonte: Autora

### 6.3 Funcionamento do Aplicativo

A partir dos testes de usabilidade, foram corrigidos os problemas do aplicativo com prioridade alta, conforme as sugestões apresentadas na Tabela 4. Assim como foram feitas as correções a partir das considerações realizadas na inspeção de acessibilidade feitas por um especialista, Tabela 5. Os problemas com prioridade baixa serão corrigidos futuramente. O instalador da versão corrigida do aplicativo está disponível para *download* na plataforma *Google Drive*<sup>8</sup>. Já os códigos em C# da implementação encontram-se disponíveis em um repositório na plataforma *GitHub*<sup>9</sup>. Para instalação algumas exigências para o aplicativo

<sup>8</sup> Disponível em:

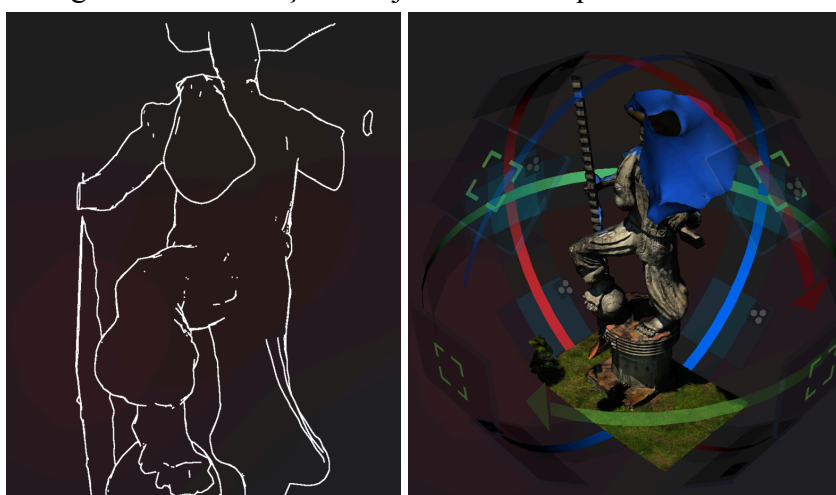
[https://drive.google.com/file/d/1ExHVuOE0O41IwOpimA4\\_Y0SZVvyv90Ef-/view?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/file/d/1ExHVuOE0O41IwOpimA4_Y0SZVvyv90Ef-/view?usp=drive_link)

<sup>9</sup> Disponível em: <https://github.com/LarissaCXavier/ARPampa.git>

funcionar corretamente são: dispositivo móvel com Sistema Operacional *Android* a partir da versão 10, além de permissão para uso da câmera e localização.

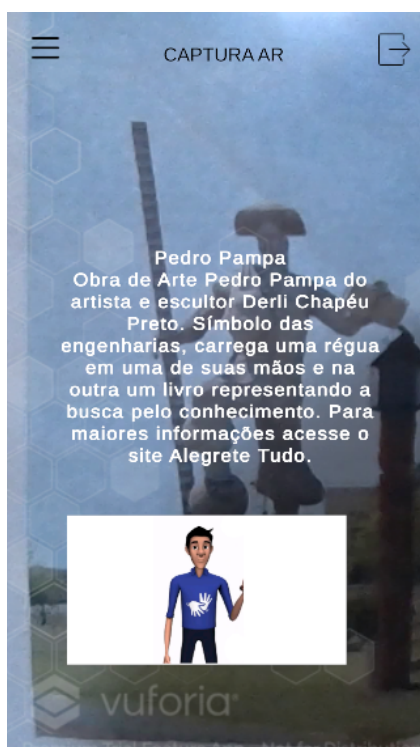
Para o reconhecimento da Estátua do Pedro Pampa em 360° e não apenas em um determinado ângulo, passou-se de um *Model Target Generator* (MTG) para um modelo mais avançado *Advanced Model Targets* (AMT) como mostra a Figura 24. Na Figura 25, podemos observar o funcionamento e reconhecimento do Pedro Pampa com a exibição de suas informações a partir de uma imagem impressa, isso traz a possibilidades de uso além da presença física no Campus.

Figura 24 - Mudança do objeto 3D MTG para AMT



Fonte: Autora

Figura 25 - Reconhecimento Pedro Pampa



Fonte: Autora

#### 6.4 Ideias e desafios

Alguns desafios devem ser levados em consideração para possíveis alterações no aplicativo proposto, com base na reflexão dos autores:

- a) O principal desafio encontrado foi a compatibilidade com leitores de tela, como mencionado anteriormente na seção de Implementação, exigindo o uso de uma versão específica da *Unity Engine*.
- b) A utilização de *QR codes* implica também no uso de uma tarja em Braille para as pessoas com deficiência visual localizarem sua posição nas portas ou paredes.
- c) Contar com a localização por coordenadas de Sistema de Posicionamento Global (GPS, do inglês *Global Positioning System*) e marcos visuais ocasiona dois potenciais problemas: imprecisão do GPS no dispositivo ou GPS indisponível em áreas internas.
- d) Uma alternativa para substituir o uso de *QR codes* por uma solução mais flexível para pessoas com deficiência visual seria utilizar *Radio Frequency Identification* (RFID) na forma de *tags* ou outros recursos similares. Usufruir dessa ferramenta para localização teria como desafio o alcance (exigindo *tags* ativas com dependência de bateria), o posicionamento no local (que pode gerar interferência com outras *tags*) e a compatibilidade com as ferramentas de implementação de aplicativos com RA e com dispositivos dos usuários.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

É de suma importância o desenvolvimento de aplicações acessíveis para facilitar a exploração de locais de forma autônoma. Pensar em soluções que promovam a inclusão de diversos usuários na descoberta de espaços, independente de suas capacidades, orientou o desenvolvimento do aplicativo móvel AR Pampa, que utiliza Realidade Aumentada para identificar espaços e serviços do Campus Alegrete da UNIPAMPA. Nesse sentido, retoma-se o objetivo central deste trabalho — propor um aplicativo acessível para descrição de espaços da universidade levando em consideração recomendações, diretrizes e padrões de acessibilidade para RA que favoreça a autonomia e a participação de todos os usuários. Além disso, estabeleceu-se uma base para a evolução do aplicativo por meio da descrição detalhada do processo de desenvolvimento e da disponibilização do código fonte do projeto, permitindo futuras melhorias fundamentadas no *feedback* dos usuários e em novos avanços de tecnologias. Dessa forma, o trabalho cumpre seus objetivos específicos e demonstra a relevância de integrar acessibilidade em aplicações de Realidade Aumentada.

Os resultados demonstram a viabilidade do aplicativo, evidenciando que é possível integrar recursos de acessibilidade no contexto de um aplicativo desenvolvido na *Unity* com *Vuforia* e oferecendo ao usuário uma experiência informativa, inclusiva e intuitiva. Como principal contribuição, este trabalho disponibiliza uma versão inicial do aplicativo com algumas informações disponíveis e espaços mapeados.

É evidente que alguns fatores comprometeram o resultado final como, por exemplo, a realização dos testes de usabilidade com poucas pessoas, problemas que ficaram com suas soluções pendentes e o mapeamento de apenas uma estrutura do campus.

Como trabalhos futuros estão a evolução do aplicativo por meio da correção dos problemas de baixa prioridade, a ampliação dos testes de usabilidade, a realização de avaliações de acessibilidade com usuários reais e o mapeamento de novos espaços do campus (como *Model Targets*). Também se destaca a necessidade de ampliar a compatibilidade para o sistema operacional iOS, explorar alternativas acessíveis aos *QR codes* (uso de uma tarja em Braille e *tags* RFID) e investigar soluções de localização mais precisas. Assim, o aplicativo poderá ser ampliado e aprimorado, oferecendo uma experiência mais ampla aos usuários.

## REFERÊNCIAS

ARTOOLKITX. About ARToolKitX. Disponível em: <https://www.artoolkitx.org/docs/about/>. Acesso em: 30 mai. 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 9050/2015: Acessibilidade de pessoas portadoras de deficiências a edificações, espaço, mobiliário e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro, 2015.

Barbosa, SDJ; Silva, B. S.; Silveira, MS; Gasparini, I.; Darin, T.; Barbosa, GDJ (2021) **Interação Humano-Computador e Experiência do Usuário**. ISBN: 978-65-00-19677-1.

BRASIL. Governo Digital. VLibras. s.d. Disponível em: <https://www.gov.br/governodigital/pt-br/acessibilidade-e-usuario/vlibras>. Acesso em: 8 jul. 2025.

BRASIL. **Lei n. 13.146**, de 6 de julho de 2015. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). Brasília, 6 jul. 2015. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2015/lei/113146.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/113146.htm). Acesso em: 16 mai. 2024.

BRASIL. Ministério dos Direitos Humanos e da Cidadania. Brasil tem 18,6 milhões de pessoas com deficiência, indica pesquisa divulgada pelo IBGE e MDHC. [Brasília]: Ministério dos Direitos Humanos e da Cidadania, 7 jul. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mdh/pt-br/assuntos/noticias/2023/julho/brasil-tem-18-6-milhoes-de-pessoas-com-deficiencia-indica-pesquisa-divulgada-pelo-ibge-e-mdhc>. Acesso em: 20 mai. 2024.

CALDAS, Ana Luiza Rios *et al.* **Aplicativo de gamificação e realidade aumentada para trilhas educativas: ferramenta pedagógica para conscientização ambiental**. Heringeriana, [S. l.], v. 12, n. 1, p. 5–19, 2019. DOI: 10.17648/heringeriana.v12i1.917764. Disponível em: <https://revistas.jardimbotanicodf.org/index.php/heringeriana/article/view/917764>. Acesso em: 18 jun. 2024.

COELHO, Jorge. **Turismo e realidade aumentada: a aplicação Vizela RA**. ISLA Multidisciplinary e-Journal, Volume 3, número 1 (2020). ISSN 2184-299X.

FILGUEIRA, Gabriela de Oliveira Araújo. **Avaliação dos impactos das tecnologias emergentes na educação: um estudo de caso na faculdade de tecnologia da Universidade Federal do Amazonas**. Tese (Mestrado em Engenharia da Produção) - Universidade Federal do Amazonas. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Manaus, 2023.

HENRY, Shaw Lawton. **Just Ask: Integrating Accessibility Throughout Design - Screening Techniques**. 2007. Disponível em: <http://www.uiaccess.com/accessud/screening.html>. Acesso em: 18 jun. 2024.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). ISO 9241-171:2008. Ergonomics of human-system interaction. Part 171: Guidance on software accessibility.

JERALD, J. The VR Book: human-centered design for virtual reality. Nova York:

Association for Computing Machinery; Morgan & Claypool Publishers, 2016.

LEITE, Liliana Félix. **Realidade aumentada, capital cultural e turismo literário**: aplicação a um percurso camiliano. Mestrado Multimédia - Especialização em Educação. Universidade do Porto, 2017. Disponível em:

<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/107148/2/211302.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2024.

LIMA, Ewerton Daniel de; UTIYAMA, Fabiano; FLÔR, Daniela Eloise. **Acessibilidade Educacional com Realidade Aumentada**. In: Congreso Argentino De Ciencias De La Computación, XV, 2009, Red de Universidades con Carreras en Informática (RedUNCI). Anais... 2009. p. 454-460. Disponível em: <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/20946>. Acesso em: 11 jun. 2024.

LOPES, Patrick Deni Souza; CHEUNG, Andrés Batista. **Estudo de caso**: Aplicação da realidade aumentada utilizando o software Augin. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2023. Disponível em:

<https://repositorio.ufms.br/retrieve/c530eb49-bb00-4238-8b3c-7d6b0daa35ff/1777.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2024.

MARÇAL, Alessandra de Oliveira. **A realidade aumentada como ferramenta de mediação**: análise crítica de sua aplicação no Museu Histórico Nacional. Tese (Mestrado em Museologia e Patrimônio) - Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro. Programa de Pós- Graduação em Museologia e Patrimônio, Rio de Janeiro, 2018. f. 47-53.

MELLO, Aline Vieira de *et al.* Jornada de Extensão em Computação. 41º Seminário de Extensão Universitária da Região Sul. Eixo Tecnologia e Produção, p. 37-41, out. 2023. Disponível em:

<https://drive.google.com/file/d/1orQEsJ3uTsAzoFxxwJ8BU3sH2ASHmqP0x/view>. Acesso em: 19 jul. 2024.

MUNARO, Juliana. O desafio de usar a tecnologia na inclusão de pessoas com deficiência. G1. 24 dez. 2017. Disponível em:

<https://g1.globo.com/economia/pme/pequenas-empresas-grandes-negocios/noticia/2017/12/o-desafio-de-usar-tecnologia-na-inclusao-de-pessoas-com-deficiencia.html>. Acesso em: 22 mai. 2024.

PARTNERVISION. Vuforia Engine: Como Criar Modelo Alvo. YouTube, 14 jul. 2020.

Disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=5M\\_6z1jygII](https://www.youtube.com/watch?v=5M_6z1jygII). Acesso em: 22 nov. 2025.

PESSOA, Matheus Willame Fernandes; DA SILVA, Teófilo Augusto. **Visita virtual Unifesspa**: tour virtual à Universidade Federal Do Sul E Sudeste Do Pará por artifício da realidade virtual e realidade aumentada. In: III Seminário de Iniciação Científica da Unifesspa, v. 3, n. 1 (2017). Disponível em:

<https://sic.unifesspa.edu.br/images/SIC2017/MATHEUS-WILLAME-FERNANDES-PESSO A.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2024.

PIRES, Erik André de Nazaré; DANTAS, Cleide Furtado Nascimento. **Realidade virtual e realidade aumentada**: possibilidades de implementação em bibliotecas universitárias. XXII Seminário Nacional de Bibliotecas Universitárias, Florianópolis, nov/dez 2023. Disponível

em: <https://portal.febab.org.br/snbu2023/article/view/2710/2819>. Acesso em: 16 jun. 2024.

PIRES, Sandra Maria Amorim. **Aplicação de Realidade Aumentada como meio de promoção do turismo e poesia portuense**. Mestrado em Multimédia - Especialização em tecnologias interativas e jogos digitais . Universidade do Porto, 2023. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/152083/2/636821.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2024.

REALITY SCAN. RealityScan para dispositivos móveis. Disponível em: <https://www.realityscan.com/pt-BR/mobile>. Acesso em: 14 nov. 2025.

RICHARDT, Camila Lacerda Tolio. Anima Campus Alegrete 2024. **Unipampa Campus Alegrete**, 19 abr. 2024. Disponível em: <https://unipampa.edu.br/alegrete/anima-campus-alegrete-2024>. Acesso em: 23 mai. 2024.

RICHARDT, Camila Lacerda Tolio. III Feira de Ciências do Campus Alegrete da UNIPAMPA. **Unipampa Campus Alegrete**, 19 abr. 2023. Disponível em: <https://unipampa.edu.br/alegrete/iii-feira-de-ciencias-do-campus-alegrete-da-unipampa-0>. Acesso em: 23 mai. 2024.

SALES, M. Guia WCAG (2018). Disponível em: <https://guia-wcag.com>. Acesso em: 28 mai. 2024.

SASSAKI, R. K. Como chamar as pessoas que têm deficiência?. Vida independente; História, movimento, liderança, conceito, filosofia e fundamentos. São Paulo: RNR, p. 12-16, 2003.

SEBRAE. Conheça o método MoSCow e aumente a produtividade em seu negócio. Empreendedorismo e Gestão, 20 mar. 2023. Disponível em: <https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/conheca-o-metodo-moscow-e-aumente-a-produtividade-em-seu-negocio,9534a5842a007810VgnVCM1000001b00320aRCRD>. Acesso em: 10 set. 2025.

SHERMAN, W.R.; CRAIG, A.B.. Understanding Virtual Reality: Interface, Application, and Design, Elsevier Science., ISBN 1558603530, San Francisco, USA, 2003.

SOUDRÉ, Marlon Marques. **Localização de usuários em ambientes inteligentes utilizando RFID ativo e filtro de Kalman**. Trabalho de Graduação em Engenharia de Controle e Automação, Publicação FT.TG-nº10, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2014, 94p. Disponível em: [https://bdm.unb.br/bitstream/10483/15129/1/2014\\_MarlonMarquesSoudre\\_tcc.pdf](https://bdm.unb.br/bitstream/10483/15129/1/2014_MarlonMarquesSoudre_tcc.pdf). Acesso em: 18 jun. 2024.

SOUZA, A. A. e; HORODYSKI, G. S.; MEDEIROS, M. de L. **Realidade Aumentada no Turismo: Estudo do Jogo Pokémon Go**. Revista Hospitalidade, [S. l.], v. 13, p. 01–21, 2016. DOI: 10.21714/1807-975X.2016v13nEp0121. Disponível em: <https://www.rev Hosp.org/hospitalidade/article/view/681>. Acesso em: 12 jun. 2024.

UNIPAMPA. Anima Campus Alegrete 2024. Mural da Extensão - Campus Alegrete. Dez. 2024. Disponível em: <https://sites.unipampa.edu.br/clextalegrete/anima-campus/>. Acesso em: 28 mar. 2025.

UNIPAMPA. Núcleo de Inteligência de Dados Acadêmicos. Painéis de Dados Disponíveis 13 jul. 2022. Disponível em: <https://sites.unipampa.edu.br/nida/2022/07/13/paineis-de-dados-disponiveis/>. Acesso em: 22 mai. 2024.

UNIPAMPA. Programa de extensão Programa C. Atividades. 7 dez. 2022. Disponível em: <https://sites.unipampa.edu.br/programac/pagina-exemplo/#:~:text=O%20programa%20de%20extens%C3%A3o%20Programa,Na%20atividade%20Gera!>. Acesso em: 19 jul. 2024.

UNITY ENGINE. AccessibilitySettings. Disponível em: <https://docs.unity3d.com/6000.0/Documentation/ScriptReference/Accessibility.AccessibilitySettings.html>. Acesso em: 10 mai. 2025.

UNITY ENGINE. UI Accessibility Plugin (UAP). Disponível em: <https://assetstore.unity.com/packages/tools/gui/ui-accessibility-plugin-uap-87935>. Acesso em: 10 mai. 2025.

UNITY ENGINE. Uma olhada no suporte ao leitor de tela móvel no Unity Engine. Disponível em: <https://unity.com/pt/blog/engine-platform/mobile-screen-reader-support-in-unity>. Acesso em: 10 mai. 2025.

VUFORIA ENGINE. Getting Started with Vuforia Engine in Unity. Disponível em: <https://developer.vuforia.com/library/getting-started/getting-started-vuforia-engine-unity#about>. Acesso em: 30 mai. 2024.

VUFORIA ENGINE. Model Target Generator User Guide. Disponível em: <https://developer.vuforia.com/library/vuforia-engine/images-and-objects/model-targets/model-target-generator/model-target-generator-user-guide/>. Acesso em: 01 nov. 2025.

W3C Working Draft. Web Content Accessibility Guidelines 2.0 (WCAG 2.0), 11 dez. 2008. Eds. B. Caldwell, W. Chisholm, G. Vanderheiden, J. White. World Wide Web Consortium (MIT, ERCIM, Keio). Disponível em: <https://www.w3.org/TR/WCAG20>. Acesso em: 28 mai. 2024.

W3C Working Group. XR Accessibility User Requirements, 25 ago. 2021. Ed. O'Connor, J., Sajka, J., White, J., Hollier, S., Cooper, M.. World Wide Web Consortium (MIT, ERCIM, Keio, Beihang). Disponível em: <https://www.w3.org/TR/xaur/>. Acesso em: 03 mai. 2024.

WEINSTEIN, David. O que é Realidade Estendida?. **Nvidia**, 26 out. 2022. Disponível em: <https://blog.nvidia.com.br/blog/o-que-e-realidade-estendida/>. Acesso em: 29 mai. 2024.

World Wide Web Consortium (W3C). About us: Leading the web to its full potential. Disponível em: <https://www.w3.org/about/>. Acesso em: 28 mai. 2024.

XR ASSOCIATION. XR Association Developers Guide: An industry-wide collaboration for better XR. Chapter three: accessibility & inclusive design in immersive experiences. XRA, out. 2020.

## APÊNDICES

## APÊNDICE A - Documentação da aplicação

Apresentamos, neste apêndice, uma compilação dos requisitos funcionais e não funcionais da aplicação desenvolvida, acompanhada de uma análise dos casos de uso. Esta seção tem como objetivo oferecer uma referência sobre a estrutura e o funcionamento do aplicativo, destacando os critérios essenciais que nortearam seu desenvolvimento.

### A.1 Requisitos Funcionais do Sistema

Nome: Reconhecimento de espaços - RF01;

Prioridade: Alta;

Descrição: O sistema deve permitir o reconhecimento, através de *QR Codes* e modelo alvo de área cadastrado, de espaços internos e externos do campus Alegrete da UNIPAMPA, incluindo locais como Restaurante Universitário (RU), Secretária Acadêmica, Pedro Pampa, Núcleo de Desenvolvimento Educacional (NuDE) e Biblioteca, utilizando RA;

Pré-Requisito: Reconhecimento de alvos implementado.

---

Nome: Descrição de Espaços - RF02;

Prioridade: Alta;

Descrição: O sistema deve sobrepor informações detalhadas sobre os espaços físicos através de descrições textuais ou objetos por meio da captura de *QR Codes* e modelo de área, via dispositivos móveis;

Pré-Requisito: Reconhecimento de espaços implementado e funcionamento da interface de realidade aumentada.

---

Nome: Informações sobre Serviços - RF03;

Prioridade: Alta;

Descrição: O sistema deve exibir informações relevantes sobre os serviços disponíveis nos espaços selecionados, incluindo horários de funcionamento, telefone, *links* para redes sociais ou *sites* institucionais dos serviços prestados;

Pré-Requisito: Cadastro e atualização contínua dos dados institucionais no sistema.

---

Nome: Acessibilidade - RF04:

Prioridade: Alta;

Descrição: O aplicativo deve ser desenvolvido com diretrizes de acessibilidade e padrões WCAG (*Web Content Accessibility Guidelines*) do W3C e XRA, garantindo a inclusão para Pessoas com Deficiência (PCDs), com suporte a leitores de tela por exemplo;

Pré-Requisito: Definição de quais diretrizes devem ser utilizadas.

---

Nome: Interatividade - RF05;

Prioridade: Média;

Descrição: O sistema deve permitir que os usuários interajam com os componentes (ex: clique para mais informações de serviços);

Pré-Requisito: Implementação do módulo de descrição de espaços e interface interativa responsiva.

## **A.2 Requisitos Não-Funcionais do Sistema**

Nome: Operacional - RNF01

Descrição: A interface do sistema deve ser responsiva e acessível, garantindo que usuários possam interagir com os elementos virtuais de maneira intuitiva e compatível com diferentes necessidades de acessibilidade.

---

Nome: Operacional - RNF02

Descrição: O aplicativo deve ser compatível com dispositivos móveis, como celulares e *tablets*, garantindo uma experiência fluida em diferentes tamanhos de tela e sistema operacional *Android*.

---

Nome: Desempenho - RNF03

Descrição: O tempo de resposta do sistema não deve exceder 10 segundos, considerando a necessidade de carregamento de objetos de realidade aumentada.

## **A.3 Casos de Uso do Sistema**

Nome: Visualização de Espaços e Serviços - UC01;

Descrição: Permite que o usuário faça obtenha informações sobre espaços e serviços no campus, incluindo descrição, horários de funcionamento, localização, *links* para redes sociais e *sites*;

Condições Prévias: Levantamento dos espaços e serviços que estarão no aplicativo.

---

Nome: Navegação Acessível - UC02;

Descrição: Garante que o aplicativo funcione de forma acessível e responsiva, com compatibilidade para dispositivos móveis, e com elementos de navegação e interação pensados para usuários com deficiências visuais ou motoras;

Condições Prévias: Levantamento de diretrizes de acessibilidade e especificação de espaços e serviços.

---

Nome: Interatividade com Componentes - UC03;

Descrição: Permite que os usuários interajam com componentes para obter mais informações, como redirecionamento para os *sites* institucionais para descrição detalhada de serviços e alertas sobre horários de funcionamento;

Condições Prévias: Especificação de espaços e serviços.

#### A.4 Priorização de requisitos utilizando a técnica MoSCoW

Figura 26 - Requisitos utilizando MoSCoW

<b>M</b>	<b>S</b>	<b>C</b>	<b>W</b>
<p><b>MUST HAVE</b> DEVE TER</p> <p><b>Informações sobre Serviços:</b> Exibir dados relevantes sobre espaços disponíveis (ex: horários de funcionamento, serviços).</p> <p><b>Geolocalização:</b> informações contextuais baseadas na localização do usuário.</p> <p><b>Diretrizes de acessibilidade:</b> visando autonomia na utilização dos usuários.</p>	<p><b>SHOULD HAVE</b> DEVERIA TER</p> <p><b>Interface intuitiva:</b> que permita interação com os elementos virtuais.</p> <p><b>Visualização de Espaços:</b> Capacidade de sobrepor informações e detalhes sobre espaços físicos.</p>	<p><b>COULD HAVE</b> PODERIA TER</p> <p><b>Tours Virtuais:</b> Criar tours virtuais guiados com informações interativas sobre locais e serviços.</p> <p><b>Interatividade:</b> Permitir que os usuários interajam com os objetos virtuais (ex: clique para mais informações de serviços).</p>	<p><b>WON'T HAVE</b> (for now) NÃO TERÁ (por enquanto)</p> <p><b>Suporte a RA em Ambientes Externos Complexos:</b> O sistema não será otimizado para funcionar em ambientes externos muito complexos.</p> <p><b>Análise de Dados:</b> Coletar dados sobre o uso da aplicação e comportamento do usuário para melhorias contínuas.</p>

Fonte: Adaptado de Sebrae (2023)

## APÊNDICE B - *Image Targets*

No Vuforia foram criadas as imagens-alvos que originaram um Banco de Dados denominado QR-Codes. A seguir podemos observar as imagens e os pontos de referência de cada uma delas nesta ferramenta de RA para o reconhecimento de diferentes espaços no Campus Alegrete por meio dessas imagens.

### B.1 Imagens e pontos de referência dos *Database* no *Vuforia*

Figura 27 - *Image Target* do Restaurante Universitário (RU)



Fonte: Autora

Figura 28 - *Image Target* da Secretaria Acadêmica



Fonte: Autora

Figura 29 - *Image Target* do Núcleo de Desenvolvimento Educacional (NuDE)



Fonte: Autora

Figura 30 - *Image Target* do Pedro Pampa



Fonte: Autora

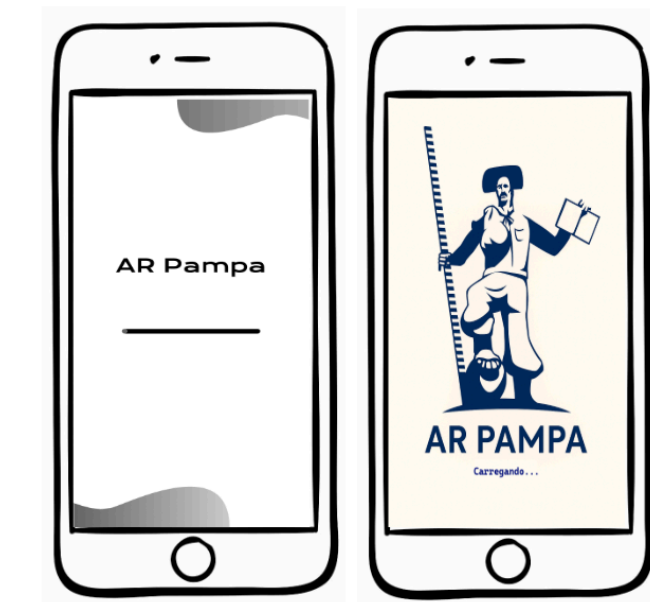
Figura 31 - *Image Target* da Biblioteca



Fonte: Autora

## APÊNDICE C - Resultado da evolução dos protótipos de tela

Figura 32- Evolução da tela de carregamento



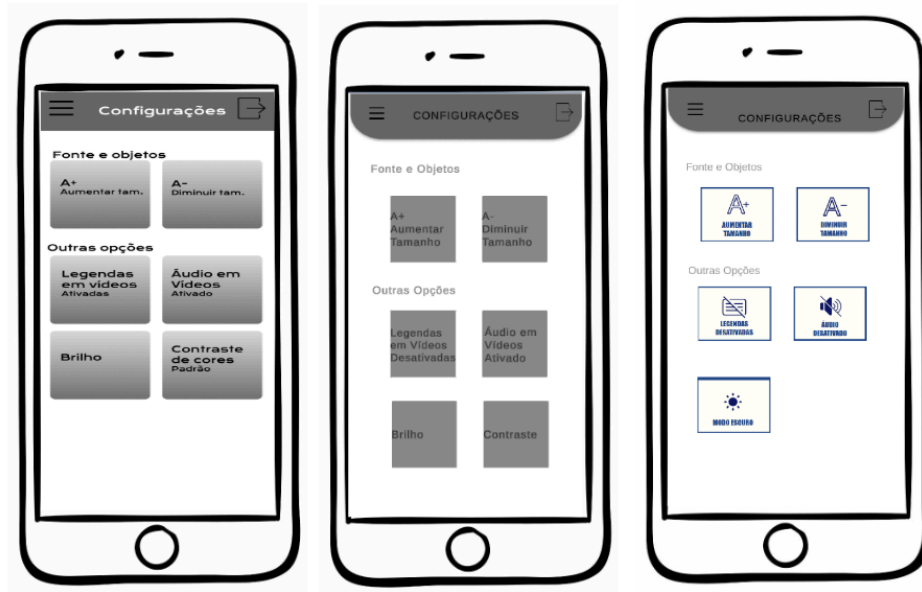
Fonte: Autora

Figura 33 - Evolução da tela menu



Fonte: Autora

Figura 34 - Evolução da tela configurações



Fonte: Autora

Figura - Evolução da tela informações



Fonte: Autora