

UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE COMPUTAÇÃO

GUSTAVO FONSECA ROCHA
Orientador: Saul Emanuel Delabrida Silva

**DESENVOLVIMENTO DE UM APLICATIVO PARA NAVEGAÇÃO
INDOOR COM UTILIZAÇÃO DE REALIDADE AUMENTADA**

Ouro Preto, MG
2021

UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE COMPUTAÇÃO

GUSTAVO FONSECA ROCHA

**DESENVOLVIMENTO DE UM APLICATIVO PARA NAVEGAÇÃO *INDOOR* COM
UTILIZAÇÃO DE REALIDADE AUMENTADA**

Monografia apresentada ao Curso de Ciência da Computação da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Ciência da Computação.

Orientador: Saul Emanuel Delabrida Silva

Ouro Preto, MG
2021

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

R672d Rocha, Gustavo Fonseca .
Desenvolvimento de um aplicativo para navegação indoor com
utilização de realidade aumentada. [manuscrito] / Gustavo Fonseca
Rocha. - 2021.
47 f.: il.: color., gráf., tab..

Orientador: Prof. Dr. Saul Emanuel Delabrida Silva.
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto.
Instituto de Ciências Exatas e Biológicas. Graduação em Ciência da
Computação .

1. iOS (recurso eletrônico). 2. Computação móvel. 3. Aplicativos
móveis. 4. Realidade aumentada. I. Silva, Saul Emanuel Delabrida . II.
Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 004.4

Bibliotecário(a) Responsável: Soraya Fernanda Ferreira e Souza - SIAPE: 1.763.787



FOLHA DE APROVAÇÃO

Gustavo Fonseca Rocha

DESENVOLVIMENTO DE UM APLICATIVO PARA NAVEGAÇÃO INDOOR COM UTILIZAÇÃO DE REALIDADE AUMENTADA

Monografia apresentada ao Curso de Ciência da Computação da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação

Aprovada em 25 de Agosto de 2021.

Membros da banca

Saul Emanuel Delabrida Silva (Orientador) - Doutor - Universidade Federal de Ouro Preto
Elton José da Silva (Examinador) - Mestre - Universidade Federal de Ouro Preto
Vander Luis de Souza Freitas (Examinador) - Doutor - Universidade Federal de Ouro Preto

Saul Emanuel Delabrida Silva, Orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 25/08/2021.



Documento assinado eletronicamente por **Saul Emanuel Delabrida Silva, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 25/08/2021, às 16:42, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0210289** e o código CRC **00281680**.

Dedico este trabalho a Deus, minha família e amigos que estiveram comigo durante estes anos da graduação.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado a oportunidade de estudar na UFOP.

Agradeço ao meu pai, minha mãe e irmã por todas as palavras e ações que me incentivaram ao longo do curso.

Aos amigos da Primeira Igreja Batista em Divinópolis, em especial ao Guilherme Mendes que sempre me incentivou estar em constante desenvolvimento na área da computação.

Ao companherismo e amizade de todos os moradores e ex-alunos que tive o prazer de conviver na República Dusmininu.

Agradeço aos amigos da Voluta Soluções Digitais e ao MEJ UFOP, pelos importantes ensinamentos.

Aos amigos da graduação, em especial ao André Felipe que sempre demonstrou que é possível encontrar uma alternativa para soluções complexas que existem.

Agradeço também a Usemobile pela oportunidade de possuir o primeiro contato com a tecnologia iOS, pelo cuidado e carinho prestado em todo momento.

Agradeço ao meu orientador, Saul Delabrida pela oportunidade de realizar este trabalho e pelas boas ideias e direcionamentos.

"Tenha coragem de seguir o que seu coração e sua intuição dizem. Eles já sabem o que você realmente deseja. Todo resto é secundário." Steve Jobs

Resumo

A utilização de *smartphones* para tarefas do cotidiano tornou-se necessidade básica nos últimos anos. O fácil acesso e a utilização de aplicativos demonstram que a evolução tecnológica pode ajudar na otimização de tempo, no corte de custos e na promoção de experiências marcantes. Aplicativos de mobilidade urbana em geral tornam-se populares globalmente, pois demonstraram ser uma opção para quem deseja se locomover com baixo custo, segurança, e com o auxílio do mapa de localização. Além da facilidade de acesso, a usabilidade do aplicativo também é um fator importante para manter o engajamento dos usuários. A escolha de cores que não sejam agressivas, ícones que se parecem com objetos ou atos conhecidos e um fluxo leve de telas são tópicos importantes que ajudam aplicativos a se diferenciarem de seus concorrentes, convertendo usuários em clientes frequentes na plataforma. Diante desta oportunidade, o objetivo deste trabalho consiste em desenvolver um *app* para dispositivos móveis com sistema operacional *iOS*, que auxilia alunos, professores, servidores e visitantes da Universidade Federal de Ouro Preto a se locomoverem no campus e prédios da universidade, utilizando a Realidade Aumentada como recurso que ajuda a tornar a interface do usuário mais amigável.

Palavras-chave: *iOS*. Navegação *Indoor*. Realidade Aumentada.

Abstract

The use of smartphones for everyday tasks has become a basic necessity in recent years. The easy access and use of apps demonstrate that technological developments can help to optimize time, cut costs and promote remarkable experiences. Urban mobility apps in general become popular globally, as they have proven to be an option for those who want to get around with low cost, security, and with the help of the location map. In addition to ease of access, the usability of the apps is also an important factor in maintaining user engagement. The choice of colors that are not aggressive, icons that look like familiar objects or acts and a light flow of screens are important topics that help apps to distinguish themselves from their competitors, converting users into frequent customers on the platform. The purpose of this work is to develop an app for mobile devices with iOS operating system, which helps students, professors, employees and visitors of the Federal University of Ouro Preto to get around the campus and buildings of the university, using Augmented Reality as a resource that will make a more friendly experience for users.

Keywords: iOS, Indoor Navigation, Augmented Reality.

Lista de Ilustrações

Figura 2.1 – Aplicativo de navegação <i>outdoor</i> desenvolvido para utilização na UFU	5
Figura 2.2 – Aplicativo para reconhecimento de prédios da UFOP	6
Figura 2.3 – Aplicativo de navegação <i>indoor</i> direcionada para cadeirantes	7
Figura 2.4 – Aplicativo de navegação <i>indoor</i> projetando mapa 2D	8
Figura 2.5 – Tela do <i>Google Maps</i> , utilizando <i>Live View</i> , quando o usuário está em movimento	9
Figura 2.6 – Tela do <i>Google Maps</i> , utilizando <i>Live View</i> , quando o usuário não está em movimento	10
Figura 2.7 – Crescimento da AR nos principais mecanismos de busca acadêmica	11
Figura 2.8 – Exemplo de uso do Head Mounted Display (HMD), um tipo de óculos de Realidade Aumentada	12
Figura 2.9 – Novo <i>layout</i> da versão 14 do <i>iOS</i>	13
Figura 2.10–Imagem de apresentação do <i>ARKit 4</i>	14
Figura 3.1 – Etapas da abordagem <i>Design Thinking</i>	18
Figura 3.2 – <i>Persona</i> Filipe	20
Figura 3.3 – <i>Persona</i> Patrícia	21
Figura 3.4 – Modelo de dados elaborado para o funcionamento do <i>app</i> . (Versão 1)	23
Figura 3.5 – Cor principal do aplicativo.	24
Figura 3.6 – Tela inicial do aplicativo.	25
Figura 3.7 – Tela de seleção de origem e destino.	26
Figura 3.8 – Tela que permite seleção da origem via <i>QRCode</i> , GPS ou seleção por listas. .	26
Figura 3.9 – Tela para seleção da origem manualmente.	27
Figura 3.10–Tela exibida quando um erro acontece envolvendo alguma requisição.	28
Figura 3.11–Tela para seleção de uma das informações da origem pelo nome.	29
Figura 3.12–Tela com origem preenchida.	30
Figura 3.13–Tela com origem e destino preenchidos.	30
Figura 3.14–Tela com alerta de confirmação exibido para usuário antes do trajeto.	31
Figura 3.15–Tela do trajeto em AR com origem sendo Restaurante Universitário e o destino Instituto de Ciências Exatas e Biológicas.	32
Figura 3.16–Foto de um dos vários marcadores colocados em um dos prédios da UFOP. .	34
Figura 3.17–Tela de orientação para o usuário rotacionar o dispositivo.	35
Figura 3.18–Tela de uma parte de um trajeto <i>indoor</i>	36
Figura 3.19–Tela de uma parte de um trajeto <i>indoor</i> de teste em RA.	37
Figura 3.20–Tela que representa a situação onde o usuário clica no botão “FINALIZAR”. .	38
Figura 3.21–Tela da seção de Perguntas Frequentes (FAQ).	38
Figura 4.1 – Heurística analisada: Consistência e Padrão.	40
Figura 4.2 – Heurística analisada: Prevenção de Erros.	40

Figura 4.3 – Heurística analisada: Ajuda e Documentação.	41
Figura 4.4 – Desenho representativo do posicionamento dos marcadores no ICEB.	41
Figura 4.5 – Gráfico de resultados utilizando <i>WI-FI</i>	42
Figura 4.6 – Gráfico de resultados utilizando sinal 3G/4G do usuário.	43
Figura 4.7 – Gráfico de resultados utilizando sinal <i>WI-FI</i>	44
Figura 4.8 – Gráfico de resultados utilizando sinal 3G/4G do usuário.	44

Lista de Tabelas

Tabela 2.1 – Tabela comparativa dos trabalhos relacionados.	11
Tabela 3.1 – Tabela de requisitos funcionais.	18
Tabela 3.2 – Tabela de requisitos não funcionais.	19
Tabela 4.1 – Tabela com graus de severidade	40

Lista de Abreviaturas e Siglas

API	Interface de Programação de Aplicações
AR	Realidade Aumentada
DECOM	Departamento de Computação
ESRI	Environmental Systems Research Institute
EUA	Estados Unidos da América
FAQ	Perguntas Frequentes
GPS	Sistema de Posicionamento Global
HMD	Head Mounted Display
ICEB	Instituto de Ciências Exatas e Biológicas
SDK	Kit de Desenvolvimento de Software
SO	Sistema Operacional
UFOP	Universidade Federal de Ouro Preto
UFU	Universidade Federal de Uberlândia
UI	Interface do Usuário
UX	Experiência do Usuário

Sumário

1	Introdução	1
1.1	Justificativa	2
1.2	Objetivos	2
1.3	Organização do Trabalho	3
2	Revisão Bibliográfica	4
2.1	Trabalhos Relacionados	4
2.1.1	Desenvolvimento de Sistema de Geolocalização em Realidade Aumentada para Multiplataforma Móvel	4
2.1.2	UFOP <i>Tour</i>	5
2.1.3	Realidade Aumentada Móvel Aplicada na Navegação <i>Indoor</i> para Cadeirantes	6
2.1.4	Uma Solução para Navegação <i>Indoor</i>	7
2.1.5	Google Maps	8
2.1.6	Comparações	10
2.2	Fundamentação Teórica	11
2.2.1	Realidade Aumentada	11
2.2.2	iOS	13
2.2.3	<i>Swift</i>	13
2.2.4	<i>ARKit</i>	14
2.2.5	Avaliação Heurística	15
2.2.5.1	Visibilidade do Sistema	15
2.2.5.2	Compatibilidade entre o sistema e o mundo real	15
2.2.5.3	Controle e liberdade do usuário	15
2.2.5.4	Consistência e padrão	15
2.2.5.5	Prevenção de erros	15
2.2.5.6	Reconhecimento em vez de memorização	15
2.2.5.7	Eficiência e flexibilidade de uso	16
2.2.5.8	Estética e <i>design</i> minimalista	16
2.2.5.9	Ajude Usuários a reconhecer, diagnosticar e recuperarem-se de erros	16
2.2.5.10	Ajuda e Documentação	16
3	Desenvolvimento	17
3.0.1	Metodologia	17
3.0.2	Design Thinking	17
3.0.3	Requisitos Funcionais	18
3.0.4	Requisitos não Funcionais	19

3.0.5	Personas	19
3.0.6	Modelagem de dados	21
3.0.7	API	24
3.0.8	Prototipação	24
3.0.9	Aplicativo desenvolvido	28
4	Resultados	39
4.0.1	Avaliação Nielsen	39
4.0.2	Análise de viabilidade de implantação no ICEB.	41
5	Conclusões	45
	Referências	46

1 Introdução

Com o lançamento do primeiro celular comercial em 1973 por Martin Cooper, engenheiro da Motorola, os seres humanos tentam suprir suas necessidades e tarefas diárias realizando-as por meio de softwares, aplicativos e qualquer outro tipo de tecnologia que seja possível de ser alocada em um dispositivo móvel.

Com intuito de otimizar o trajeto de uma viagem, passeio ou até mesmo saber as melhores ruas e caminhos para chegar em um determinado local, os *smartphones* são a principal ferramenta para consultar o caminho que uma pessoa deve seguir, seja de carro, ônibus, bicicleta ou simplesmente caminhando. O tempo que um usuário gastará para abrir um aplicativo que busca uma rota possível até o destino, é menor que o tempo para procurar o destino desejado fisicamente, apenas olhando os locais presentes nas ruas em que se passa ou procurando uma pessoa mais próxima no local para perguntar se conhece o destino em questão. Segundo reportagem do [Tempo \(2019\)](#), uma pesquisa encomendada pela 99, empresa de *app* de mobilidade urbana, 4 entre 10 brasileiros encontram dificuldade para se locomover em suas cidades. De acordo com reportagem do [Terra \(2019\)](#), até 10% da renda mensal dos brasileiros atualmente é destinada para gastos com mobilidade urbana. Com a popularidade de aplicativos que auxiliam os usuário em seus trajetos em ambientes abertos, possui como consequência a promoção da facilidade que estes aplicativos oferecem, principalmente para motoristas e entregadores de refeições durante sua jornada de trabalho.

Além disso, nota-se uma constante evolução dos meios de navegação *outdoor*, que em sua maioria utilizam o Sistema de Posicionamento Global (GPS). De acordo com [Defense \(2021\)](#), o GPS é propriedade dos Estados Unidos da América (EUA,) e fornece serviços de posicionamento, navegação e cronometragem (PNT). O GPS possui três segmentos: o segmento de controle, o segmento espacial e o segmento do usuário, sendo esse último mais utilizado no contexto da maioria da população mundial. Temos como exemplo de utilização do serviço do GPS aplicativos como Uber, 99 Taxi, Cabify, Yesgo, Mova e muitos outros.

Outra demanda que cresce cada vez mais com o tempo é a navegação *indoor*, ou seja, em ambientes fechados. Como em ambientes abertos existem obstáculos como prédios, casas, pontos comerciais, escolas e outras estruturas que dificultam o trajeto entre origem e destino, dentro de ambientes fechados também existem empecilhos. O primeiro empecilho que temos é a não utilização do GPS para navegação *indoor*, uma vez que as camadas das estruturas internas dificultam o rastreamento do dispositivo do usuário. A existência de paredes, divisórias, escadas, elevadores, rampas e outros obstáculos podem confundir uma pessoa que não conhece muito bem o local que está frequentando.

De maneira que possa impactar na Experiência do Usuário (UX), pode-se utilizar a

Realidade Aumentada (AR) para que diferentes aplicações para navegação sejam mais realistas. De acordo com Romero;Hounssel (2018) , a navegação é uma técnica que controla como o observador explora o ambiente com realidade aumentada, impactando na visualização e deslocamento neste ambiente. Desta forma, a utilização da AR auxiliando a navegação *indoor* ou *outdoor* do usuário, proporciona um pequeno entretenimento enquanto o usuário caminha ao seu destino final.

Diante disso, o aplicativo proposto visa utilizar a Realidade Aumentada, através de *smartphones*, para o auxílio da navegação em ambientes externos e internos no campus Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) no Morro do Cruzeiro.

1.1 Justificativa

Sabe-se que a arquitetura e os *softwares* de equipamentos eletrônicos como os *smartphones* estão em constante evolução. Com esta evolução existe a possibilidade de criar *softwares* mais robustos, velozes e com uma UX e UI (Interface do Usuário) mais atrativa para o usuário. Assim, com *smartphones* mais potentes e com aplicativos de maior qualidade, a demanda por aplicações que buscam otimizar alguma tarefa do cotidiano se impulsiona. O mesmo ocorre com a necessidade dos seres humanos que buscam em aplicativos um auxílio para locomoverem-se até um destino com mais rapidez e facilidade.

Assim sendo, o aplicativo para dispositivos *iOS* desenvolvido, visa auxiliar a locomoção de alunos, professores, funcionários e visitantes da UFOP no interior do campus e prédios, com uso da Realidade Aumentada.

1.2 Objetivos

Este trabalho tem como objetivo geral desenvolver uma aplicação para dispositivos *iOS* que auxilie a locomoção *outdoor* e *indoor* na UFOP utilizando a AR.

Assim, os objetivos específicos são:

- Construir o *layout* do aplicativo usando *Adobe XD*
- Desenvolver Interface de Programação de Aplicações (API) com recursos e serviços necessários para locomoção *outdoor* na UFOP
- Implementar recursos e serviços necessários para locomoção *indoor* em prédios da UFOP
- Desenvolver o aplicativo *iOS* utilizando biblioteca nativa de AR
- Realizar testes utilizando o aplicativo

1.3 Organização do Trabalho

O trabalho encontra-se organizado da seguinte forma: no [Capítulo 2](#) é realizada uma breve revisão da literatura e uma fundamentação teórica sobre as tecnologias utilizadas, no [Capítulo 3](#) é detalhada a metodologia utilizada no processo de desenvolvimento do trabalho, no [Capítulo 4](#) são apresentados os resultados coletados e no [Capítulo 5](#) são apresentadas as considerações finais, resultados e possíveis trabalhos futuros.

2 Revisão Bibliográfica

Este capítulo discorre sobre a Realidade Aumentada, sua importância na área de dispositivos móveis e também faz menção de alguns trabalhos correlatos, levantando seus pontos de convergência e divergência. Apresenta também, informações das tecnologias utilizadas no desenvolvimento do trabalho, como o sistema operacional *iOS*, um dos líderes no mercado e que pertence à empresa *Apple Inc.* Utilizou-se também uma avaliação com 5 participantes onde observaram a adequação do *app* em relação às 10 heurísticas de (NIELSEN, 1994), conhecido como uma referência mundial no desenvolvimento no *design* de interfaces.

2.1 Trabalhos Relacionados

2.1.1 Desenvolvimento de Sistema de Geolocalização em Realidade Aumentada para Multiplataforma Móvel

Em sua defesa de mestrado pela UFU, Junior (2015) desenvolveu uma aplicação multiplataforma com objetivo de auxiliar a locomoção *outdoor*, para um local de interesse do usuário que esteja dentro do campus da Universidade Federal de Uberlândia (UFU). O sistema desenvolvido utilizou o *framework PhoneGap*, que utiliza linguagens *web* para compilar um projeto para dispositivos móveis que utilizam *iOS*, *Android* ou *Windows Phone*.

Um usuário utilizava a câmera do celular para filmar o ambiente aberto, que ao detectar o ponto de interesse que o usuário direcionava, projetava uma seta virtual em cima da Realidade Aumentada do ambiente aberto no sentido para onde o usuário deveria se locomover, mostrando também a distância restante para o usuário chegar ao destino final. A aplicação realizava a coleta da localização do usuário via GPS a cada dois segundos e realizava possíveis atualizações na tela no *smartphone*.

A Figura 2.1 a seguir representa a tela principal do *app* desenvolvido por Junior (2015), onde é possível observar a distância restante para o destino final e também a direção que a seta de orientação indica para seguir.

Figura 2.1 – Aplicativo de navegação *outdoor* desenvolvido para utilização na UFU

Fonte: (JUNIOR, 2015)

2.1.2 UFOP Tour

Em outro trabalho Ferreira (2018) utiliza a Realidade Aumentada em *smartphones*, com foco em calouros e visitantes da Universidade Federal de Ouro Preto, como auxílio na locomoção destes pelo campus para obterem conhecimento das estruturas e edifícios que existem. A aplicação desenvolvida, chamada UFOP TOUR, utiliza *scripts* feitos em C# ou JavaScript que são executados com UNITY 3D, uma plataforma muito utilizada na criação de jogos que permite trabalhar com objetos 3D, posicionamento de câmera e vários ajustes quando tratamos da parte gráfica.

Um kit de desenvolvimento chamado *Vuforia SDK*, que auxilia na manipulação de cenas quando inseridas na Realidade Aumentada, foi utilizado em conjunto com uma biblioteca chamada *Image Target*, a qual realiza a geração de marcadores que ao ser filmado pela câmera do *smartphone*, comunica ao Kit de Desenvolvimento de Software (SDK) que tenta rastrear aquela imagem, baseado em suas características e formatos, em um banco de dados específico da aplicação. A aplicação conta também com a Geolocalização, utilizada globalmente para encontrar coordenadas de uma localização específica.

Após realizar testes da aplicação com usuários no campus da UFOP, o autor constatou que 80,3% do total de 76 alunos que testaram a aplicação, tiveram dificuldades para localizarem-se na UFOP. Do total de alunos 95,1% utilizariam a aplicação de Realidade Aumentada como forma de auxílio na locomoção pelo campus.

A Figura 2.2 a seguir, mostra a tela do *app* desenvolvido por Ferreira (2018) onde um usuário posicionou a câmera do celular em frente ao restaurante universitário da UFOP. No momento que a imagem é capturada pela câmera, o sistema busca por uma imagem semelhante e com mesmas características no banco de dados da aplicação. Caso seja identificada no banco de

dados uma imagem semelhante, fazendo um "casamento" das imagens, uma resposta é enviada ao *app* com as informações e curiosidades sobre o local para ser projetado na tela do dispositivo do usuário.

Figura 2.2 – Aplicativo para reconhecimento de prédios da UFOP



Fonte: (FERREIRA, 2018)

2.1.3 Realidade Aumentada Móvel Aplicada na Navegação *Indoor* para Cadeirantes

Em uma tese de doutorado pela UFU, Chagas (2017) desenvolveu uma aplicação que faz uso de AR em *smartphones* voltada para locomoção *indoor* de cadeirantes não tetraplégicos. O *IndoorAR*, utiliza a linguagem de programação JAVA, para o sistema operacional *Android*.

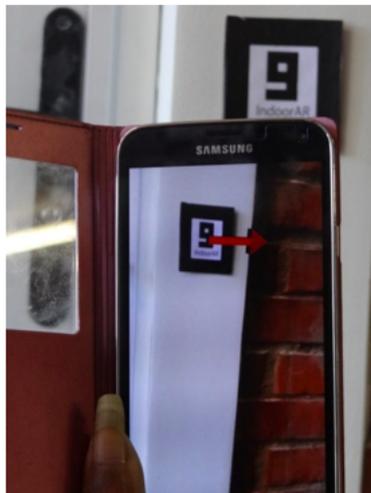
O *app* se comunica com o banco de dados feito em *SQLite* para salvar informações do usuário. Dentro da aplicação *Android*, utilizou-se uma biblioteca chamada *ARToolkit* que é responsável pela geração de marcadores personalizados. Para realizar tratativas e manipulações das imagens do mundo real com imagens virtuais, foi utilizada a biblioteca de Realidade Aumentada para a plataforma *Android* chamada *AndAR*, que projeta objetos virtuais na imagem capturada do mundo real. *Softwares* como *Blender* e *OpenGL* foram utilizados para conseguir realizar modelagens de objetos 3D e realizar transformações matemáticas com os mesmos.

O trabalho desenvolvido utilizou a tecnologia *Beacons* para poder compartilhar informações da localização do usuário por meio da triângulação de sinais via *bluetooth*. Ao escolher um destino, o usuário estará conectado à rede *Beacons*, onde o sistema calcula a posição do usuário que estará posicionado entre uma distância de um *beacons* e outro. Por se tratar de um trabalho que também envolve acessibilidade, desenvolveu-se a funcionalidade de comando de voz para atender diferentes tipos de usuários.

A Figura 2.3 a seguir, mostra a tela de um *smartphone* de sistema *android* que reconhece um marcador instalado nas dependências da UFU. Quando um marcador é identificado, o sistema

exibe uma seta indicando a direção para onde o usuário deve seguir com intuito de encontrar o destino final.

Figura 2.3 – Aplicativo de navegação *indoor* direcionada para cadeirantes



Fonte: (CHAGAS, 2017)

Foram implementadas duas versões de aplicativos, uma usando marcadores e outra apenas a tecnologia com *Beacons*. Tratando-se da aplicação com marcadores, a limitação se encontrava na necessidade de identificar os marcadores espalhados pelo ambiente de testes. Já com a tecnologia *Beacons*, existiu uma constante oscilação da distância do usuário e o dispositivo.

2.1.4 Uma Solução para Navegação *Indoor*

Em outro trabalho que aborda a questão de navegação em ambientes fechados, Simoes (2015) utilizou-se de uma abordagem de manipulação da localização *indoor* do usuário através da rede *WIFI* para ser utilizada no interior de um prédio da Universidade de Lisboa. Sem utilizar a realidade aumentada, mas projetando um mapa 2D dinâmico na tela do *smartphone*, utilizou-se uma base de dados local no *smartphone* de sistema operacional *Android*, e outra base dados remota que apenas guardava os pontos de interesse de cada usuário. Para popular o banco de dados remoto, realizou-se um mapeamento de todos os locais que estavam contidos no ambiente fechado, passando uma breve descrição sobre o local, coordenadas geográficas e qual andar se encontrava.

O sistema possui uma interface baseada nos mapas da planta do edifício. Para isso as informações relativas aos mapas do interior do edifício foram armazenadas no *ArcGIS Server*, um software da *Environmental Systems Research Institute, Inc* (ESRI). Necessita-se porém de

credenciais para utilizar seus serviços. A Universidade de Lisboa, no entanto já possuía uma credencial para uso.

A Figura 2.4 a seguir, mostra a tela principal do *app* desenvolvido por Simoes (2015) onde a localização atual do usuário é exibida através de um mapa do ambiente onde o usuário encontra-se. Através de símbolos coloridos e projetados no mapa, o usuário consegue visualizar a sua localização atual, corredores e obstáculos que existem no caminho até o destino final.

Figura 2.4 – Aplicativo de navegação *indoor* projetando mapa 2D



Fonte: (SIMOES, 2015)

2.1.5 Google Maps

A empresa norte americana Google (2021), lançou em 2005 o *Google Maps*, um serviço de localização que pode ser utilizado para trajetos em ambientes abertos. Seja a pé, de carro, bicicletas, ônibus ou qualquer outro tipo de locomoção, é possível utilizar os serviços do *Google Maps* globalmente para auxiliar usuários a encontrar o destino final.

Uma das funcionalidades oferecidas pelo serviço que pode ser encontrado para baixar em dispositivos *Android* e *iOS*, é o guia com Realidade Aumentada. Ao selecionar um local de destino, que seja percorrido a pé, a plataforma para dispositivos móveis oferece uma funcionalidade chamada *Live View*, que tem como objetivo guiar o usuário até o local escolhido através da exibição dos nomes das ruas, distância restante, setas de direção e outros detalhes projetados utilizando AR.

A Figura 2.5 a seguir, mostra a tela principal do *Google Maps* quando um usuário está visualizando a direção em que deve prosseguir. O *app* projeta setas utilizando realidade aumentada e também projetam o nome das ruas e avenidas para conhecimento do usuário.

Figura 2.5 – Tela do *Google Maps*, utilizando *Live View*, quando o usuário está em movimento



Fonte: Imagem disponibilizada pelo autor.

A Figura 2.5 a seguir, mostra a tela de aviso do *app* do *Google Maps*, onde informa ao usuário que conseguirá utilizar a funcionalidade com AR apenas quando não se encontra em movimento.

Figura 2.6 – Tela do *Google Maps*, utilizando *Live View*, quando o usuário não está em movimento



Fonte: Imagem disponibilizada pelo autor.

2.1.6 Comparações

Através dos trabalhos correlatos aqui mencionados, pode-se observar algumas soluções interessantes sobre navegação utilizando *smartphones*, tanto soluções *outdoor* quanto para *indoor*, utilizando AR ou não. Pode-se observar na Tabela 2.1, que o foco das 4 aplicações analisadas e citadas como trabalhos correlatos, inclusive com realidade aumentada, são em sua maioria na plataforma *Android* e somente uma fornece suporte para a plataforma *iOS*. Mostra-se assim uma oportunidade para trabalhar a Realidade Aumentada, juntamente a linguagem nativa para *iOS*, para realizar uma abordagem na tratativa de navegação *outdoor* e *indoor* com *smartphones*.

Trabalhos Relacionados					
Autor ou Serviço	Outdoor	Indoor	RA	Android	iOS
Junior (2015)	Sim	Não	Sim	Sim	Sim
Ferreira (2018)	Sim	Não	Sim	Sim	Não
Chagas (2017)	Não	Sim	Sim	Sim	Não
Simoes (2015)	Não	Sim	Não	Sim	Não
Google (2021)	Sim	Não	Sim	Sim	Sim

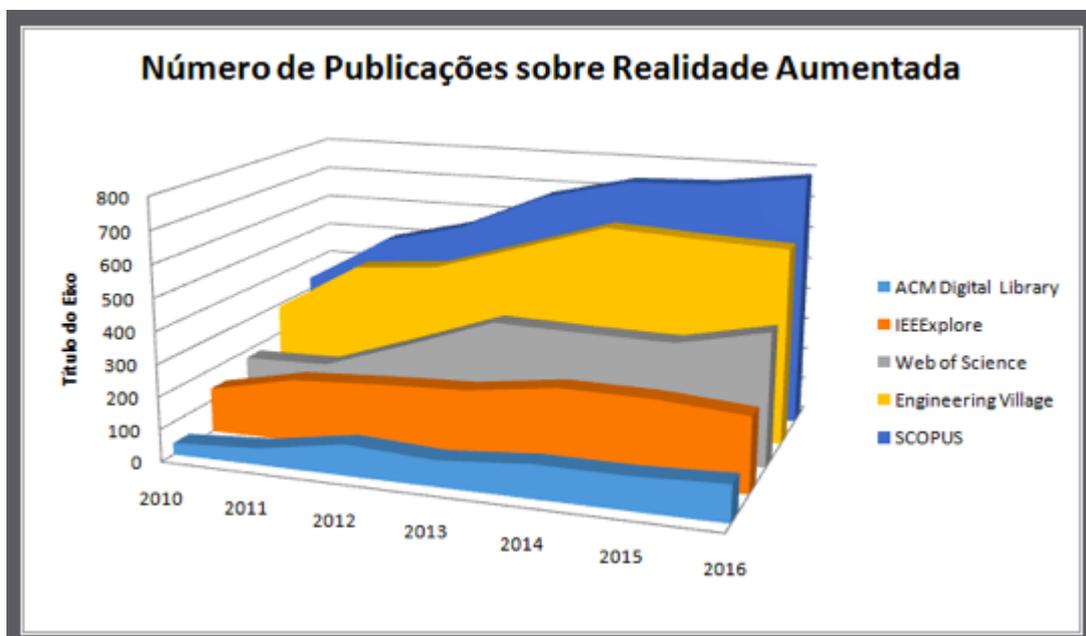
Tabela 2.1 – Tabela comparativa dos trabalhos relacionados.

2.2 Fundamentação Teórica

A Realidade Aumentada tem sido bastante explorada principalmente em aplicações para *smartphones*, pois trata-se de aplicações com alta interação entre o mundo físico e o virtual à disposição do usuário, para realizar projetos, experiências, estudos e também para o lazer.

Como pode-se observar na Figura 2.7, exibe um gráfico onde demonstra o crescimento do número de publicações de trabalhos onde utiliza-se realidade aumentada. Observa-se que no intervalo de tempo de 2010 à 2016, a plataforma SCOPUS (2021) que armazena trabalhos publicados em diferentes áreas, registrou um aumento de quase 200% no número de publicações sobre a realidade aumentada.

Figura 2.7 – Crescimento da AR nos principais mecanismos de busca acadêmica



Fonte: (ROMERO;HOUNSSEL, 2018)

2.2.1 Realidade Aumentada

A Realidade Aumentada tem como objetivo fazer uma junção do mundo físico com o mundo virtual, onde objetos virtuais são visualizados na tela de celulares e computadores, de

modo com que se possibilite extrair informações do mundo físico e possa utilizá-la no virtual dinamicamente.

A partir de uma perspectiva de (Romero;Hounssel (2018).p.27), para que as referências do mundo físico "... possam ser apresentadas de forma coerente para o usuário, é necessário que o sistema de RA consiga identificar não somente onde devem ser colocados os elementos virtuais mas também como eles devem ser apresentados para o usuário, de acordo com seu ponto de vista, a qualquer tempo."

Atualmente existem diversas linhas de trabalhos interessantes que utilizam a AR com tecnologias diferentes, através de óculos (como pode-se observar na Figura 2.8), *smarphones* e computadores, onde é possível interagir com a AR aplicada para o trabalho, estudos, experiências e também lazer.

Figura 2.8 – Exemplo de uso do Head Mounted Display (HMD), um tipo de óculos de Realidade Aumentada



Fonte: (ROMERO;HOUNSSEL, 2018)

A Realidade Aumentada pode se tornar cada vez mais popular nas lojas de aplicativos, visto que os usuários procuram uma realidade e desempenho gráfico em seus dispositivos que se aproximem cada vez mais do mundo físico real. Aplicativos como *Pokemon Go*, *Minecraft Earth*, *Google Maps*, *SketchAR* e *Google Tradutor*, impulsionam cada vez mais o desenvolvimento de novas pesquisas e projetos para áreas que são mais frequentes no cotidiano.

Diante disso, discorreremos nas seções abaixo sobre tecnologias que serão utilizadas para desenvolver a aplicação *iOS* com AR para navegação *indoor*.

2.2.2 iOS

Como mencionado na seção anterior, será preciso utilizar um *smartphone* para que usuário possa utilizar a aplicação. Será utilizado um *iPhone*, logo desenvolveremos a aplicação para que possa ser utilizada em dispositivos do sistema operacional *iOS* que possuem capacidade de executar aplicativos de AR. Conhecida por seus produtos de alta qualidade como *iPhones*, *iMac*, *Macbooks*, *iPads* e pela linha *Apple Watch*, a empresa [Apple \(2021\)](#) lançou a primeira versão do sistema operacional *iOS* em 2007 tornando-se uma das líderes no mercado de tecnologia. Atualmente o sistema operacional voltado para a linha de *iPhone* está em sua décima quarta versão, mais conhecida como *iOS 14* (ilustrada na Figura 2.9).

Figura 2.9 – Novo *layout* da versão 14 do *iOS*



Fonte: (APPLE, 2021)

Uma das principais características do *iOS*, além de seu *design* bem desenvolvido, está na sua facilidade de sincronização com outros dispositivos da *Apple*, utilizando a mesma conta de usuário, fazendo com que o usuário consiga salvar uma informação em seu *iPhone* que pode ser acessada por um *Macbook*, *iPad*, *iMac* e também *Apple TV*.

2.2.3 Swift

Swift é uma das linguagens oficiais da *Apple* para desenvolvimento de aplicativos e *softwares* em *macOS*, *iOS*, *watchOS*, *tvOS*. *Swift* foi anunciado pela *Apple* em 2014 e foi criado para proporcionar mais facilidades no desenvolvimento de aplicações para produtos *Apple*. A linguagem sucede ao *Objective-c*, e está atualmente em sua quinta versão. Com o avanço da tecnologia, a linguagem passou a possibilitar desenvolvedores a programarem aplicações

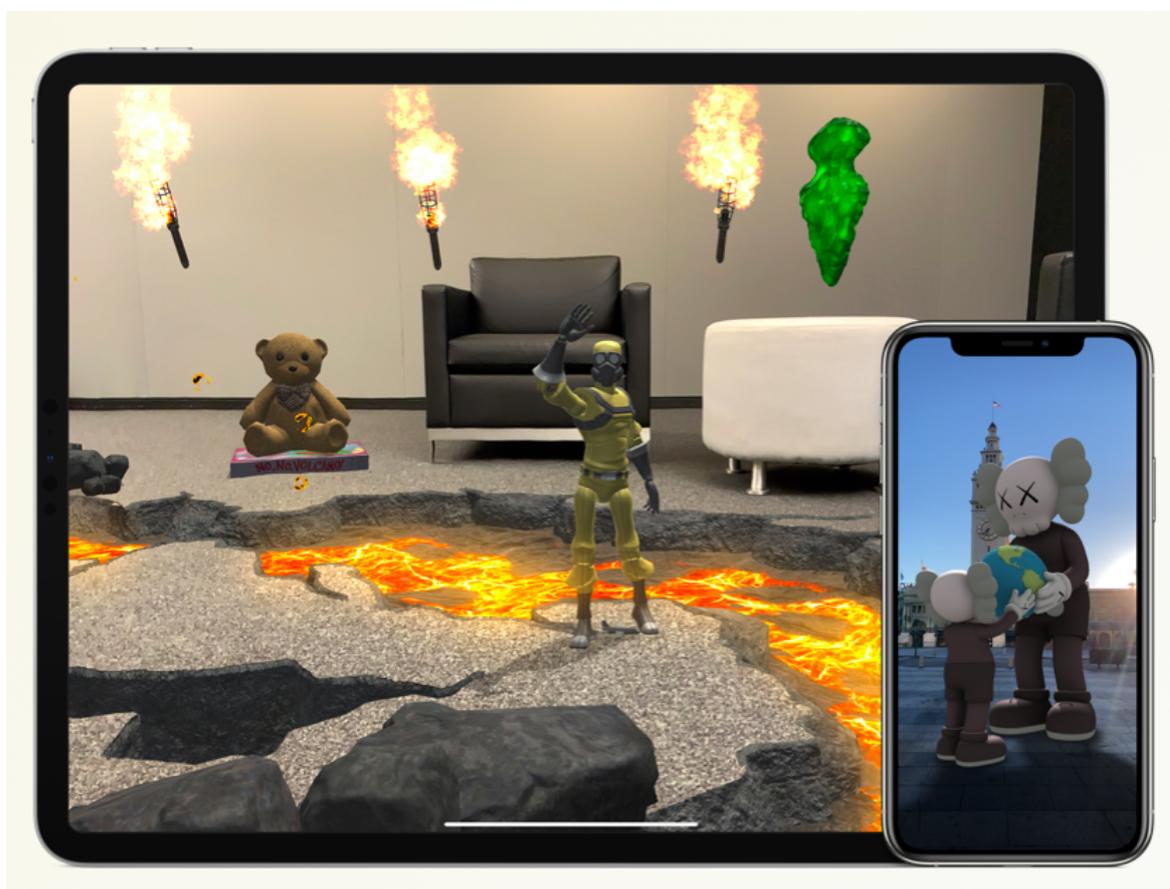
utilizando AR para dispositivos a partir do *iPhone SE* e seus superiores que possuam *iOS 11* ou posterior.

2.2.4 ARKit

Lançado em 2017, o *ARKit* é um poderoso *framework* da *Apple* que pode ser usado para desenvolver aplicações gerais e *games* utilizando Realidade Aumentada. O *framework* permite que os desenvolvedores trabalhem com os sensores e câmeras dos dispositivos *iOS* para que possam interagir com o mundo real. Como pode-se observar na Figura 2.10, o *ARKit* está em sua 4ª versão e permite trabalhar com cenas geométricas para modelagem de locais e cômodos em um ambientes fechados, oclusão de pessoas de modo que seja simples o manuseio da AR para frente e para trás de pessoas presentes e muitas outras *features* que possibilitam um melhor trabalho com a realidade aumentada.

Logo, torna-se evidente que existem muitas possibilidades de abordagens e manipulações da AR quando utiliza-se o *ARKit*. Além do acesso aos sensores que podem auxiliar o reconhecimento de usuários que estejam se movimentando em um ambiente *indoor*, o *ARKit* também pode auxiliar o reconhecimento de *QR Codes* que quando escaneados buscam um destino final para a navegação do usuário.

Figura 2.10 – Imagem de apresentação do *ARKit 4*.



Fonte: (APPLE, 2020)

2.2.5 Avaliação Heurística

Segundo Nielsen (1994), as 10 heurísticas propostas visam encontrar problemas de usabilidade em um *layout* proposto para interação com usuário. Se faz necessário o contato de avaliadores com o *design* proposto para colocarem na prática o uso de cada heurística. As avaliações são feitas individualmente e as impressões do avaliador sobre cada uma das heurísticas são anotadas, para servirem como pontos de melhoria do sistema.

Apresenta-se a seguir dez heurísticas de avaliação da usabilidade propostas por Nielsen (1994):

2.2.5.1 Visibilidade do Sistema

Como o nome diz, a visibilidade do sistema é importante pois deve ser direta. Quando o usuário está olhando para o sistema, o visual deve ser capaz de fornecer *feedbacks* para que seja possível entender o que está acontecendo e onde está.

2.2.5.2 Compatibilidade entre o sistema e o mundo real

A segunda heurística de Nielsen (1994) diz respeito de como ícones, símbolos e palavras devem ser conhecidos para informar uma ação ou transmitir uma mensagem. Deve-se reparar em termos utilizados para que não sejam específicos de alguma região ou cultura.

2.2.5.3 Controle e liberdade do usuário

Nessa heurística, é importante a existência de ações para voltar para etapa anterior, alertas de confirmação ou cancelamento de uma ação e perguntas que permitam o usuário refletir se deseja prosseguir com alguma ação. Assim, o usuário não se sentirá frustrado.

2.2.5.4 Consistência e padrão

Nessa quarta heurística, o sistema deve prezar pelos padrões de escrita, ícones e símbolos. O usuário se sentirá mais confortável e confiante se identificar um padrão onde um determinado ícone significa que independente da tela do sistema ele conseguirá retornar para a tela anterior.

2.2.5.5 Prevenção de erros

O *layout* proposto deve auxiliar o usuário a evitar possíveis ações indesejadas ou executadas de modo inconsciente.

2.2.5.6 Reconhecimento em vez de memorização

O *layout* do sistema deve ser projetado de modo que seja fácil o reconhecimento de cada tarefa, botão e ícone. Assim, economiza-se o tempo do usuário em tentar decifrar o que realmente faz uma funcionalidade.

2.2.5.7 Eficiência e flexibilidade de uso

A sétima heurística enfatiza que todos os usuários, independente de competências e familiaridade com tecnologias, possam utilizar o sistema da maneira que achar mais confortável. Logo, o sistema deve oferecer diferentes meios de executar uma mesma tarefa.

2.2.5.8 Estética e *design* minimalista

O sistema deve possuir o mínimo de distrações possíveis. As funcionalidades que realmente importam para o usuário devem ser claramente observadas sem a interferência de informações irrelevantes.

2.2.5.9 Ajude Usuários a reconhecer, diagnosticar e recuperarem-se de erros

Nessa heurística, Nielsen (1994) ressalta que alternativas para corrigir um erro e ajudar o usuário a se recuperar do erro devem ser exibidas com clareza. Também deve-se fornecer informação sobre a causa do erro, visando trazer um aprendizado ao usuário.

2.2.5.10 Ajuda e Documentação

Essa heurística alerta para a necessidade de seções de ajuda para o usuário. Em certas ocasiões o usuário pode ficar em dúvida sobre alguma funcionalidade do sistema e sua dúvida deve ser sanada dentro do próprio sistema de maneira rápida e de fácil acesso.

3 Desenvolvimento

Neste capítulo será descrito o processo de desenvolvimento do aplicativo, que inclui requisitos funcionais, requisitos não funcionais, *personas*, modelagem de dados, prototipação e implementação.

3.0.1 Metodologia

Nesta seção apresentam-se métodos e abordagens utilizados para extrair requisitos funcionais e não funcionais da aplicação, criação das *personas*, modelo de dados, linguagem escolhida para implementação da *API* e linguagem escolhida para implementação do *app*.

3.0.2 Design Thinking

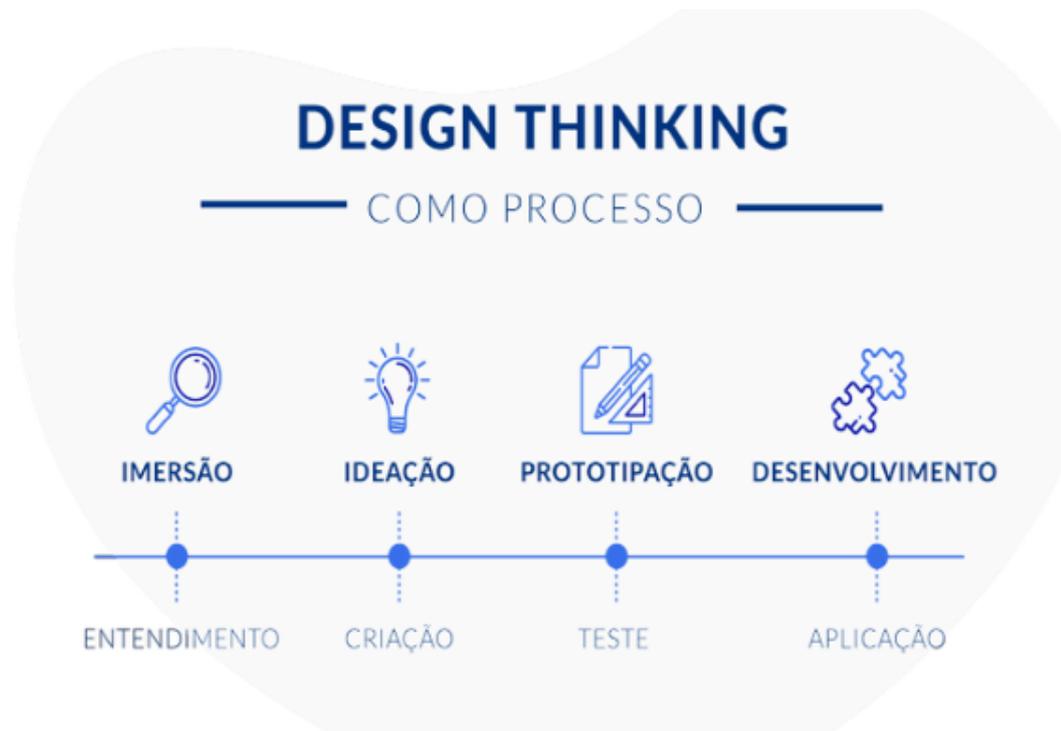
O processo de criação utilizando o *Design Thinking* visa explorar o máximo da capacidade criativa dos participantes do processo. A velocidade para se chegar em uma primeira versão produto é uma das qualidades do processo. Segundo [Woebcken \(2019\)](#), empresas como Natura, Netflix e Havainas conseguiram resultados significativos utilizando a abordagem, sendo que esta abordagem pode ser utilizada na criação de novos produtos e também na solução de problemas encontrados. Para fazer uso do *Design Thinking* para auxiliar o desenvolvimento do trabalho, foram realizadas 4 etapas (ilustradas na Figura 3.1) existente no método.

A primeira etapa é da imersão, onde os participantes coletam informações para que seja possível entender o problema e o cenário de oportunidades atual.

A segunda etapa chama-se ideação, momento onde são mencionadas todas as ideias geradas para o produto. Então é realizado o chamado *brainstorming*, onde possibilita à todos sua liberdade para colocar seus posicionamentos e críticas.

Na terceira etapa cria-se o protótipo do *app*, filtra-se as melhores ideias que possam ser utilizadas. Esta etapa é de extrema importância, pois possíveis falhas ou ideias incompletas podem ser perceptíveis quando colocadas em um protótipo. Neste trabalho, o protótipo desenvolvido utilizou o *software Adobe XD*, que permite construir protótipos de alta fidelidade.

Na etapa quatro segue-se para o processo de desenvolvimento, onde é colocado em prática tudo aquilo que existe no protótipo. Executa-se a implementação das funcionalidades representadas por imagens, gráficos ou textos para a utilização do software. A parte do desenvolvimento neste trabalho será completa ao finalizar o desenvolvimento da *API* e do *app* para dispositivos *iOS*.

Figura 3.1 – Etapas da abordagem *Design Thinking*

Fonte: (SEBRAE, 2014).

3.0.3 Requisitos Funcionais

Através das respostas obtidas nas etapas de imersão e ideação do *Design Thinking* e também de análises de aplicativos com abordagens parecidas, são listados os requisitos funcionais na Tabela 3.1 a seguir.

Requisitos Funcionais	
RF01	O <i>app</i> deve exibir um botão para permitir o usuário selecionar sua origem
RF02	O <i>app</i> deve permitir o usuário informar sua origem escaneando um <i>QRCode</i>
RF03	O <i>app</i> deve permitir o usuário informar sua origem ativando o GPS
RF04	O <i>app</i> deve permitir o usuário informar sua origem selecionando manualmente
RF05	O <i>app</i> deve exibir um botão para permitir o usuário selecionar seu destino
RF06	O <i>app</i> deve exibir a rota da origem do usuário até o destino escolhido
RF07	O <i>app</i> deverá possuir uma seção de ajuda no menu

Tabela 3.1 – Tabela de requisitos funcionais.

3.0.4 Requisitos não Funcionais

Através das respostas obtidas na etapas de imersão e ideação do *Design Thinking* e também de análises de aplicativos com abordagens parecidas, são listados os requisitos não funcionais na Tabela 3.2 a seguir.

Requisitos Não Funcionais	
RNF01	O <i>app</i> deverá ter um <i>design</i> minimalista
RNF02	O <i>app</i> deverá ser instalado e utilizado em dispositivos iOS
RNF03	O <i>app</i> deverá exibir um menu que mostrará possíveis destinos por tipos separados
RNF04	O <i>app</i> deverá exibir um modal de avaliação da experiência do usuário quando chegar ao destino final

Tabela 3.2 – Tabela de requisitos não funcionais.

3.0.5 Personas

De acordo com Barbosa;Silva (2010), uma *persona* é um personagem criado para representar grupos de possíveis usuários, clientes ou interessados em um produto ou serviço. Informações como idade, nome, personalidade, objetivos de vida, habilidades e expectativas são importantes de serem definidas para representarem as *personas* ideais. Foram criadas dois tipos de *personas* como representantes de usuários típicos do *app*. A primeira *persona* é representada pela Figura 3.2 e a segunda pela Figura 3.3.

Figura 3.2 – *Persona* Filipe



Fonte: Imagem disponibilizada pelo autor.

Figura 3.3 – *Persona* Patrícia

Fonte: Imagem disponibilizada pelo autor.

3.0.6 Modelagem de dados

A Figura 3.4 apresenta a modelagem de dados realizada para implementação de serviços da API. A entidade *Property* refere-se ao local onde o *app* funcionará, ou seja, representa a instituição, empresa ou local. Possuindo como atributos *name* e *id*, este último como chave primária. A mesma entidade relaciona-se com a entidade *Building*, onde pode existir N *Building* para uma *Property*.

A entidade *Building* diz respeito aos prédios e outras maiores estruturas existentes no local. Possui atributos como *name*, *number*, e *id*, sendo este último a chave primária e dois atributos que armazenam as coordenadas de latitude em *lat* e longitude em *long*. A entidade possui uma relacionamento do tipo 1:N com a entidade *Sector*, onde mais de um *sector* pertence a uma entidade *Building*.

A próxima entidade chama-se *Sector*, onde representa setores que são alocados dentro de prédios e outras estruturas do local. Possui como atributos os campos *name*, *building_id* e *id*, sendo este último a chave primária. O atributo *building_id* tem como função identificar em qual

estrutura um *Sector* pertence.

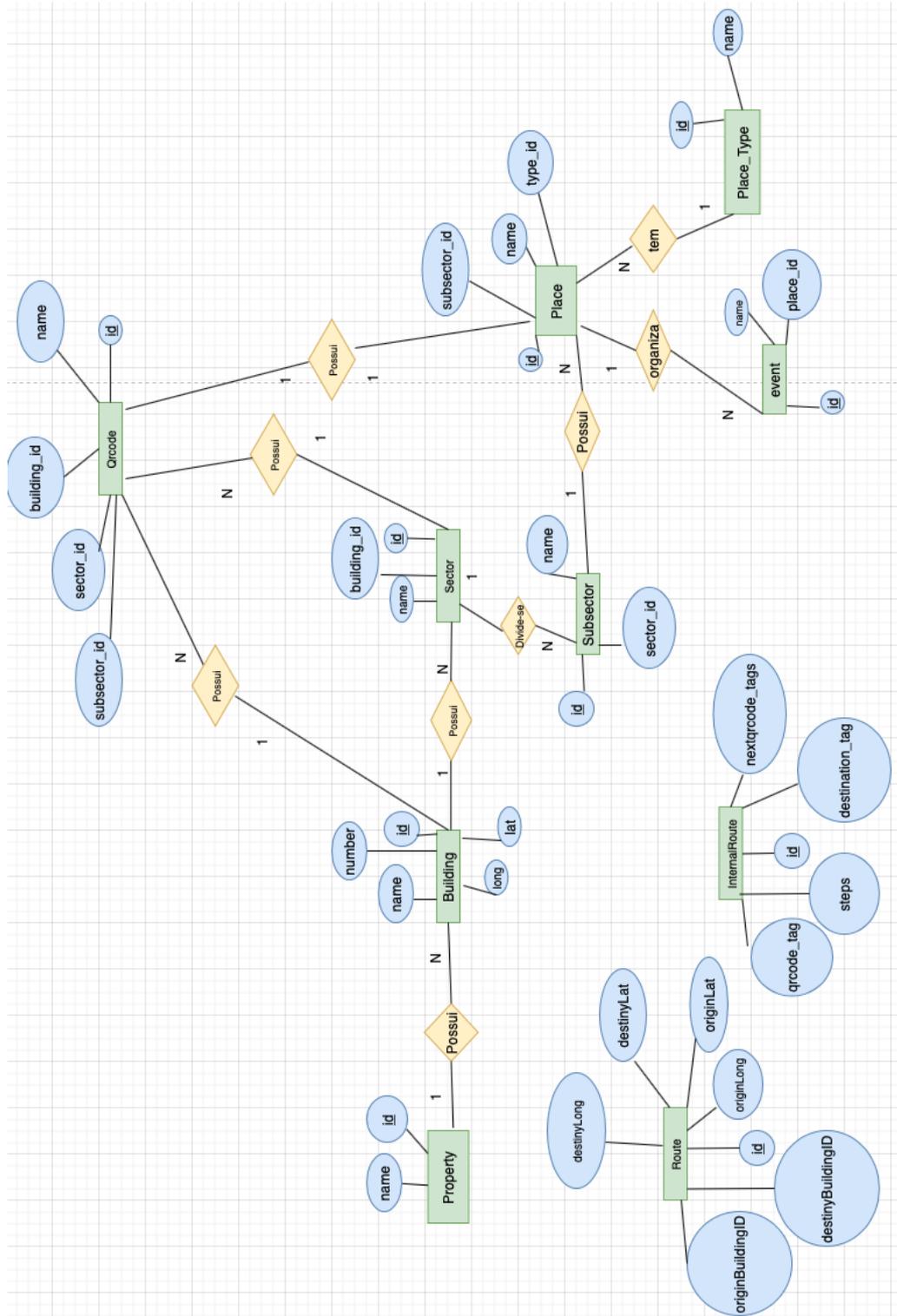
Um *Sector* possui um relacionamento do tipo 1:N com *Subsector*, informando que um *Sector* pode se dividir em mais de um *Subsector*. Outra entidade chama-se *Subsector*, onde representa subsetores que são alocados dentro de uma entidade *Sector*. Possui como atributos os campos *name*, *sector_id* e *id*, sendo este último a chave primária. O atributo *sector_id* tem como função identificar qual *Subsector* pertence.

A entidade *Place* representa um determinado local onde pode ser uma sala, auditório, banheiro ou qualquer outra estrutura que possa existir. A entidade possui atributos como *name*, *id* como chave primária, *subsector_id* define onde o local está localizado na estrutura do local e *type_id* onde é classificado o tipo do local.

Uma entidade chamada *event* representa um evento que possa acontecer em algum local da propriedade. Seus atributos são *name*, *place_id* para identificar onde aquele evento irá acontecer e *id* que é a chave primária. A entidade tem uma relação com a entidade *Place* onde em um local pode ocorrer mais de um evento. Existe também a entidade *Place_type* que identifica o tipo do local. Seus atributos são *name* e a chave primária é *id*.

Existem também algumas entidades que são responsáveis pelo fluxo principal do *app* conseguir executar. A entidade *Qrcode* possui informações de cada marcador criado e armazena informações de onde o marcador encontra-se disponível. Entidade como a *Route* é responsável por armazenar informações de rotas entre origem e destino externos. Já no caso da entidade *InternalRoute*, armazena-se informações sobre caminhos com origem e destino internos.

Figura 3.4 – Modelo de dados elaborado para o funcionamento do app. (Versão 1)



Fonte: Imagem disponibilizada pelo autor.

3.0.7 API

A API desenvolvida em *typescript* onde contém rotas para serviços que serão utilizados pelo aplicativo encontra-se disponibilizada com a url ¹ <https://ariceb-prod.herokuapp.com>. Foram desenvolvidos serviços para o cadastro, listagem e remoção dos prédios existentes em uma determinada propriedade, serviços para o cadastro, listagem e remoção de setores existentes em um determinado prédio, rotas para o cadastro, listagem e remoção de subsetores existentes em um determinado setor, serviços para selecionar a origem atual do usuário através do escaneamento do *qr code* mais próximo, além de serviços para obter informações como latitude e longitude de origem e destino em locais *outdoor* e rotas para obter informações da direção que deve se deslocar em ambientes internos.

Tratando do consumo de rotas internas, o primeiro passo necessário para o usuário trata-se da identificação de um marcador mais próximo. Ao escanear um determinado marcador, realiza-se uma requisição à API do *app* que retornará um objeto com informações de quantos metros a frente deve-se deslocar até o próximo marcador, o ângulo necessário que o usuário deverá girar o celular para direita ou para esquerda com intuito de projetar setas em AR. Um vetor com marcadores que formam o menor caminho que o usuário deverá passar até encontrar o destino. Os trajetos utilizados e registrados no banco de dados foram modelados como um problema de grafo, onde será retornado ao usuário o menor caminho de sua origem até o destino final.

3.0.8 Prototipação

O objetivo desta subseção é apresentar as principais telas do protótipo de alta fidelidade desenvolvido utilizando a ferramenta *Adobe XD*. A cor principal escolhida para o aplicativo possui o hexadecimal representado na Figura 3.5

Figura 3.5 – Cor principal do aplicativo.



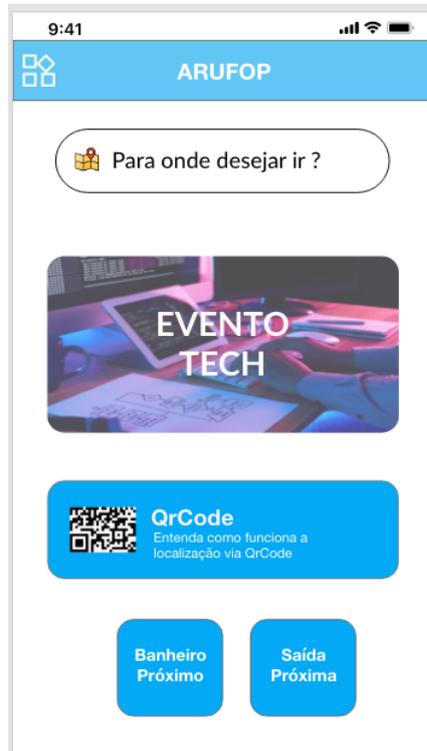
Fonte: Imagem disponibilizada pelo autor.

A Figura 3.6 a seguir apresenta a tela principal do aplicativo. A tela apresenta a opção do menu lateral, botões para encontrar locais mais usados e que estejam próximos, um evento que possa estar ocorrendo no horário corrente, um item para uma breve descrição sobre como

¹ Disponível em: <<https://ariceb-prod.herokuapp.com>>

usar marcadores para o aplicativo localizar o usuário, e um botão do fluxo principal do *app* que direciona o usuário para a seleção de origem e local de destino .

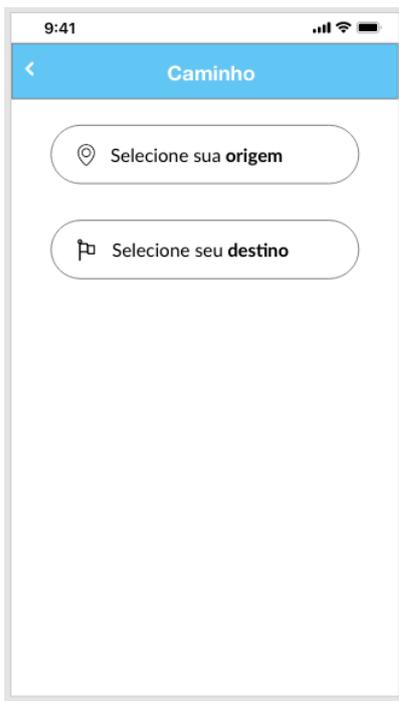
Figura 3.6 – Tela inicial do aplicativo.



Fonte: Imagem disponibilizada pelo autor.

A Figura 3.7 a seguir, demonstra a tela onde é solicitado ao usuário informações de origem e destino conforme as necessidades do usuário.

Figura 3.7 – Tela de seleção de origem e destino.



Fonte: Imagem disponibilizada pelo autor.

A Figura 3.8 a seguir, exibe a tela para seleção da origem do usuário. O usuário pode selecionar sua origem escaneando um *QRCode* que estiver próximo, selecionando o local conforme a lista de locais disponíveis ou habilitando o GPS se estiver em local aberto.

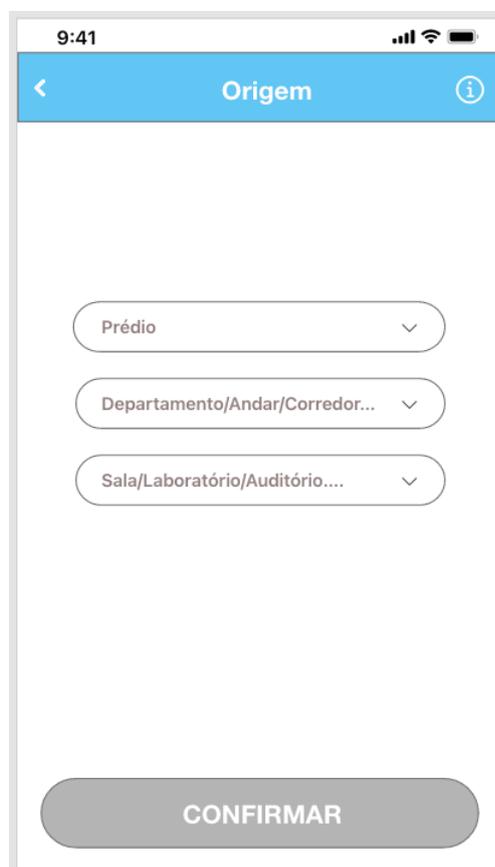
Figura 3.8 – Tela que permite seleção da origem via *QRCode*, GPS ou seleção por listas.



Fonte: Imagem disponibilizada pelo autor.

Caso o usuário escolha a opção de selecionar a localização atual manualmente, será exibida a tela representada pela Figura 3.9.

Figura 3.9 – Tela para seleção da origem manualmente.

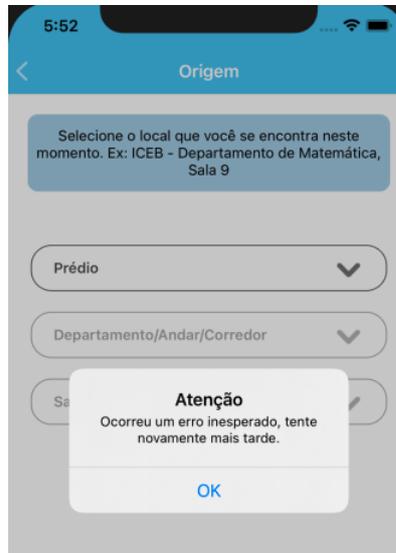


A imagem mostra uma interface de usuário em um dispositivo móvel. No topo, há uma barra azul com o título "Origem" e ícones de navegação. Abaixo, há três campos de seleção com setas para baixo, rotulados "Prédio", "Departamento/Andar/Corredor..." e "Sala/Laboratório/Auditório...". No rodapé, há um botão cinza com o texto "CONFIRMAR".

Fonte: Imagem disponibilizada pelo autor.

3.0.9 Aplicativo desenvolvido

Figura 3.10 – Tela exibida quando um erro acontece envolvendo alguma requisição.

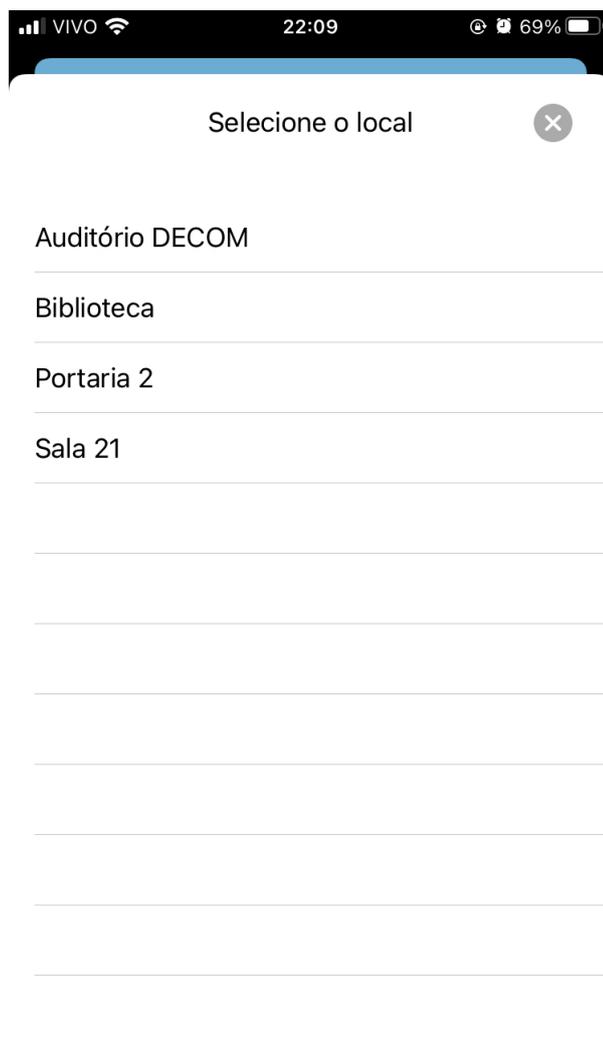


Fonte: Imagem disponibilizada pelo autor.

A figura 3.10 exibe um alerta de erro para informar ao usuário que algo de errado aconteceu. Enquadra-se neste cenário erros como conexão com internet perdida, falha na requisição por queda da *API*, serviço requisitado não existente ou indisponível, dados que não conseguiram ser tratados corretamente e outros casos mais.

A Figura 3.11 demonstra a tela onde o usuário poderá selecionar um local retornado pela *API*, caso identifique pelo nome.

Figura 3.11 – Tela para seleção de uma das informações da origem pelo nome.



Fonte: Imagem disponibilizada pelo autor.

A Figura 3.12 demonstra a origem escolhida pelo usuário como sendo a “Sala 21”. O campo abaixo onde está escrito “Selecione seu destino”, também é preenchido quando o usuário realiza os mesmos passos para seleção do local realizados na etapa de seleção de origem. Assim, quando selecionado o local o texto “Selecione seu destino” será substituído com o nome do destino final escolhido.

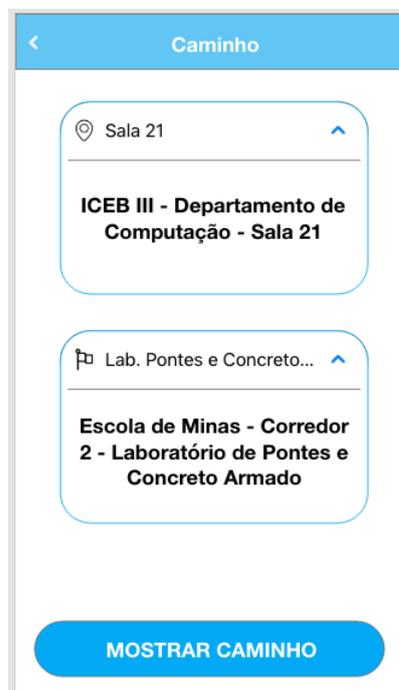
Figura 3.12 – Tela com origem preenchida.



Fonte: Imagem disponibilizada pelo autor.

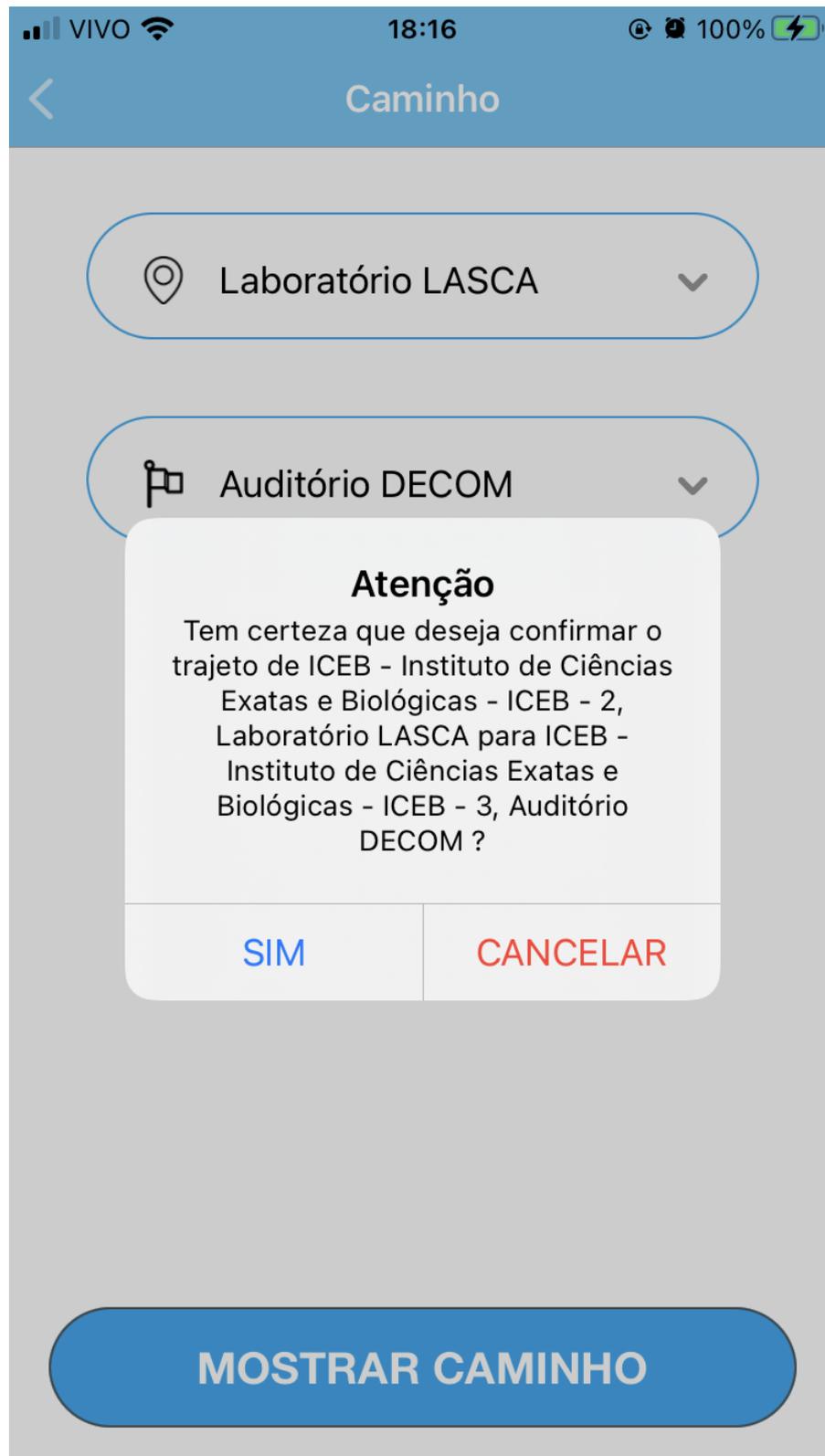
A Figura 3.13 representa a origem e destino devidamente preenchidos pelo usuário e o botão “MOSTRAR CAMINHO” habilitado, permitindo assim que o usuário possa fazer uma solicitação para o aplicativo mostrar o trajeto em AR.

Figura 3.13 – Tela com origem e destino preenchidos.



Fonte: Imagem disponibilizada pelo autor.

Figura 3.14 – Tela com alerta de confirmação exibido para usuário antes do trajeto.



Fonte: Imagem disponibilizada pelo autor.

Para uma melhor usabilidade do *app*, quando o usuário clicar no botão “MOSTRAR CAMINHO”, será exibido um alerta de confirmação nativo do *iOS* representado na Figura 3.14, para que o usuário possa escolher se deseja mesmo prosseguir com o trajeto ou se prefere desistir.

Para o desenvolvimento deste projeto optou-se pelas seguintes tecnologias: 1) A linguagem para desenvolvimento do aplicativo para dispositivos *iOS* chamada *Swift*, que é a linguagem nativa da *Apple*. O desenvolvimento do *layout* foi realizado fazendo uso de dados em *mocks* para simular dados reais. 2) Realizou-se o desenvolvimento de uma *API* em *typescript* onde estão disponíveis serviços que podem ser consumidos pela componente *mobile*.

Dada uma situação em que o usuário seleciona origem e destino no *app* de maneira que o único trajeto será realizado de maneira *outdoor*, a *API* recebe a chamada do serviço realizada pelo *app* e retorna as coordenadas com latitude e longitude de origem e destino e o *app* projeta um caminho em realidade aumentada de modo que seja possível visualizar o início e fim do trajeto.

A Figura 3.15 a seguir demonstra o trajeto projetado em AR em ambiente *outdoor* tendo como origem e destinos locais também *outdoor*.

Figura 3.15 – Tela do trajeto em AR com origem sendo Restaurante Universitário e o destino Instituto de Ciências Exatas e Biológicas.



Fonte: Imagem disponibilizada pelo autor.

Como pode-se observar na Figura 3.15, a localização em ambientes abertos projeta um caminho formado por linhas em realidade aumentada, tendo com origem e destino prédios da UFOP. O início e o final da projeção são marcados utilizando as coordenadas geográficas através de latitude e longitude que a *API* retorna ao *app* no momento da requisição do trajeto.

Para um trajeto totalmente *indoor*, ou seja, onde origem e destino encontram-se em ambientes fechados, utilizou-se marcadores nas dependências do ambiente, onde o usuário conseguirá direcionar a câmera do *iPhone* para o marcador, sendo reconhecido pelo *app* e tendo como retorno a projeção do caminho em realidade aumentada até o próximo marcador, repetindo a ação até encontrar o destino final, projetando assim o trajeto por etapas.

A Figura 3.16 trata-se de um marcador disponível para que um usuário possa fazer a leitura utilizando o aplicativo. No momento que o *app* está escaneando o marcador é realizada uma verificação que irá validar se o marcador atual já está salvo localmente, pois caso esteja presente na memória local a nova requisição na *API* não será necessária otimizando tempo utilização de rede. Destaca-se que o dispositivo do usuário pode estar até 1 metro de distância do marcador para que o *app* consiga realizar o reconhecimento. No cenário onde o marcador já se encontra nos dados locais, é exibida uma tela orientando o usuário se deverá rotacionar o dispositivo para direita ou para esquerda.

Para que um usuário consiga se locomover de uma origem *indoor* até o destino final selecionado também *indoor*, é necessário que o usuário utilize a câmera do dispositivo em alguns momentos que estiver utilizando o *app*. Ao selecionar uma origem e destino o usuário deverá escanear o marcador mais próximo e o escanear utilizando a câmera do dispositivo. No momento que o *app* reconhecer o marcador, será realizado uma requisição ao *backend* da aplicação onde solicitará informações de orientação que o *app* exibirá na tela para orientar o usuário. Ao receber informações dos próximo passo como resposta da *API*, o *app* projetará setas para a direção que o usuário deverá prosseguir até encontrar o próximo marcador onde realizará o mesmo procedimento, escanear o marcador para obter respostas dos próximos passos a seguir. Logo, o *app* orienta o usuário a direção que deve prosseguir entre pares de marcadores, ou seja, o usuário sempre estará escaneando um marcador para que seja projetado setas no menor caminho até o próximo marcador. Assim, existirá o cenário onde usuário estará escaneando o último marcador do trajeto, pois as setas projetadas o levará até o destino final.

Figura 3.16 – Foto de um dos vários marcadores colocados em um dos prédios da UFOP.



Fonte: Imagem disponibilizada pelo autor.

A Figura 3.17 representa a tela de orientação desenvolvida para verificar se o usuário rotacionou o dispositivo em um determinado ângulo necessário para direita ou para esquerda. No momento que o usuário começa a rotacionar o dispositivo, inicia-se a verificação do ângulo rotacionado pelo usuário até que o movimento alcance um ângulo de 90 graus para o lado necessário. Projeta-se então setas utilizando a AR que informa ao usuário os próximos passos. Caso o marcador escaneado não esteja previsto nos passos do caminho atual, é realizada uma nova requisição na *API* buscando os próximos passos do marcador atual até o destino final.

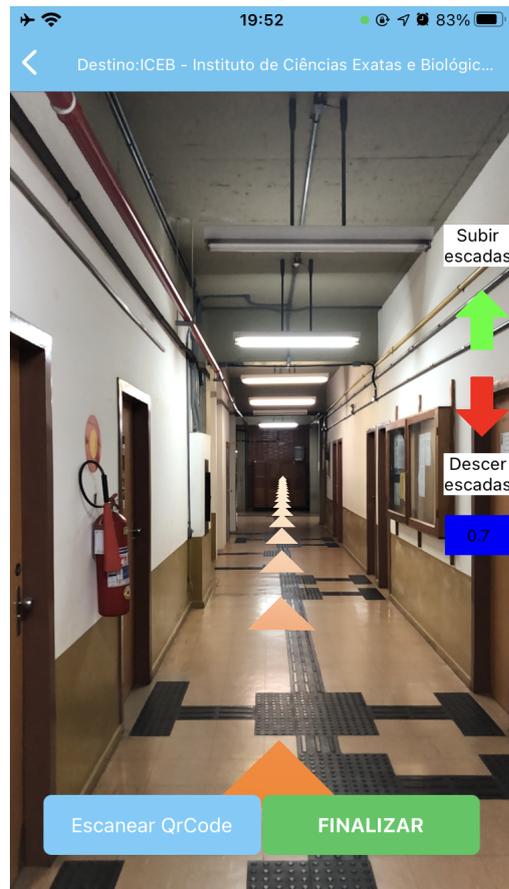
Figura 3.17 – Tela de orientação para o usuário rotacionar o dispositivo.



Fonte: Imagem disponibilizada pelo autor.

Quando o *app* recebe as informações dos próximos passos que o usuário deve realizar, uma tela é exibida no dispositivo do usuário para guiá-lo até o próximo marcador ou destino final.

A Figura 3.18 esboça um teste de uma projeção realizada em um ambiente fechado com origem e destino locais em ambiente *indoor* da UFOP. A Figura 3.18 apresenta o destino final selecionado pelo usuário no título da *navigationBar*. Também são representadas informações para que o usuário possa identificar quando deverá descer ou subir escadas que encontram-se no caminho, projetando setas na cor verde para subir e setas em vermelho para que o usuário desça escadas que encontre no trajeto. No rodapé da tela são exibidos dois botões, um para que o usuário possa escanear um novo marcador e outro para finalizar o trajeto caso o usuário chegue ao destino final ou entenda que já tenha visualizado o destino.

Figura 3.18 – Tela de uma parte de um trajeto *indoor*.

Fonte: Imagem disponibilizada pelo autor.

A Figura 3.19 representa uma etapa do trajeto que possui como destino final o auditório do DECOM. A etapa representada na tela do usuário informa que o mesmo deverá subir as escadas ao final do corredor, identificando as setas com a cor verde conforme a legenda. Um vídeo foi publicado na plataforma *youtube* onde demonstra a utilização do *app* nas dependências do ICEB. O vídeo está disponível neste link: ² <https://www.youtube.com/watch?v=ix8GbvTRAfQ>

² Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=ix8GbvTRAfQ>>

Figura 3.19 – Tela de uma parte de um trajeto *indoor* de teste em RA.

Fonte: Imagem disponibilizada pelo autor.

A Figura 3.20 representa o alerta que será exibido quando um usuário clica no botão para finalizar o trajeto. Assim, é fornecida ao usuário uma alternativa de se redimir de um eventual erro caso seja o cenário de clicar no botão “FINALIZAR” sem possuir a intenção.

Figura 3.20 – Tela que representa a situação onde o usuário clica no botão “FINALIZAR”.



Fonte: Imagem disponibilizada pelo autor.

A figura 3.21 a seguir representa a seção de perguntas, respostas e instruções disponíveis para que o usuário consiga entender como funciona o fluxo principal do *app*.

Figura 3.21 – Tela da seção de Perguntas Frequentes (FAQ).



Fonte: Imagem disponibilizada pelo autor.

4 Resultados

Neste capítulo são apresentados resultados obtidos através das avaliações aplicando as heurísticas de Nielsen (1994), apresenta também os resultados sobre 40 testes realizados com a utilização do *app* nas dependências do ICEB, onde 20 testes utilizaram o sinal 3G da operadora vivo e 20 testes utilizaram a rede *WI-FI* do ICEB.

4.0.1 Avaliação Nielsen

Para realização da avaliação heurística foram selecionados 5 avaliadores, sendo estes 4 alunos da UFOP que possuem o conhecimento e experiência na aplicação das 10 heurísticas e um profissional da área de desenvolvimento que também possui o pré-requisito para realizar a avaliação.

Foi criado um questionário utilizando o *Google Forms* onde possui questões que refletem a opinião do avaliador em relação às 10 heurísticas de (NIELSEN, 1994) e suas aplicações no uso do aplicativo.

Em relação às heurísticas 1 (Visibilidade do Sistema), 2 (Correspondência entre o sistema e o mundo real), 3 (Controle e liberdade do usuário.), 6 (Reconhecimento em vez de memorização.), 7 (Eficiência e flexibilidade de uso.), 8 (Estética e design minimalista.) e 9 (Ajude Usuários a reconhecer, diagnosticar e recuperarem-se de erros.) foram entendidas como contempladas no *layout* do *app* na opinião dos avaliadores. Já às heurísticas 4 (Consistência e padrão.), 5 (Prevenção de erros) e 10 (Ajuda e Documentação.), foram apontadas como possíveis pontos de melhoria no *layout* do *app*.

Para um melhor entendimento dos gráficos de respostas da Figura 4.1, Figura 4.2 e Figura 4.3, observa-se que os resultados representados nos gráficos mostram o percentual de respostas obtidas para um determinado valor da escala de avaliação utilizada. Utilizou-se uma escala de 0 a 4 (demonstrada da Tabela 4.1) para avaliar o grau de severidade da adequação ou não das heurísticas pelo *app*.

Como pode ser observado na Figura 4.1, 60% dos avaliadores entenderam que o *app* contemplava à heurística de consistência e padrão. Porém, um dos avaliadores avaliou o grau de severidade desta heurística com o valor de 2 na escala de 0 à 4. Assim sendo, durante o desenvolvimento do *app* foram realizadas mudanças no *layout* para que atendesse às exigências dos avaliadores.

Como pode ser observado na Figura 4.2, os avaliadores entenderam que o *app* não contemplava totalmente a heurística de prevenção de erros, possuindo avaliações dom grau de severidade 2 e 3. Logo, durante o desenvolvimento do *app* realizaram-se tratativas utilizando

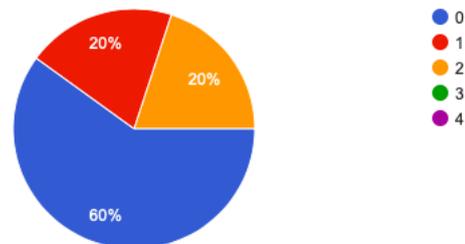
Grau de severidade	
0	Não é um problema de usabilidade.
1	Problema cosmético. Consertar apenas caso haja tempo disponível.
2	Pequeno problema de usabilidade. Deve receber baixa prioridade durante o conserto.
3	Grande problema de usabilidade. É importante consertar e deve receber alta prioridade.
4	Problema catastrófico. É obrigatório consertá-lo antes do lançamento do produto, pois, impede o usuário de alcançar seus objetivos.

Tabela 4.1 – Tabela com graus de severidade

Figura 4.1 – Heurística analisada: Consistência e Padrão.

Consistência e padrão.

5 respostas



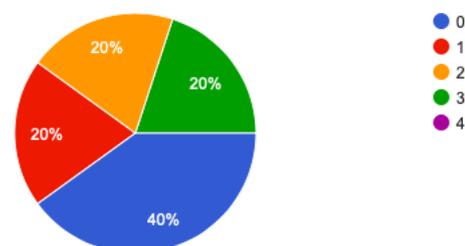
Fonte: Imagem disponibilizada pelo autor.

alertas nativos do *iOS* (ilustrado na Figura 3.20) para que a heurística seja contemplada.

Figura 4.2 – Heurística analisada: Prevenção de Erros.

Prevenção de erros .

5 respostas

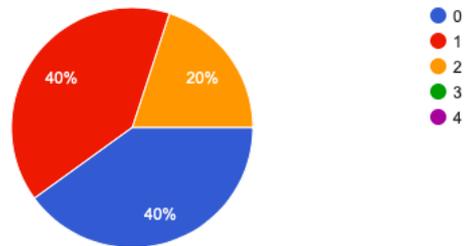


Fonte: Imagem disponibilizada pelo autor.

Observa-se na Figura 4.3, que boa parte dos avaliadores entenderam que o *app* necessitava de correções no layout para que pudesse contemplar totalmente a heurística de ajuda e documentação. Durante o desenvolvimento do *app* foi realizada a criação da tela de perguntas frequentes (como pode-se observar na Figura 3.21).

Figura 4.3 – Heurística analisada: Ajuda e Documentação.

Ajuda e Documentação.
5 respostas

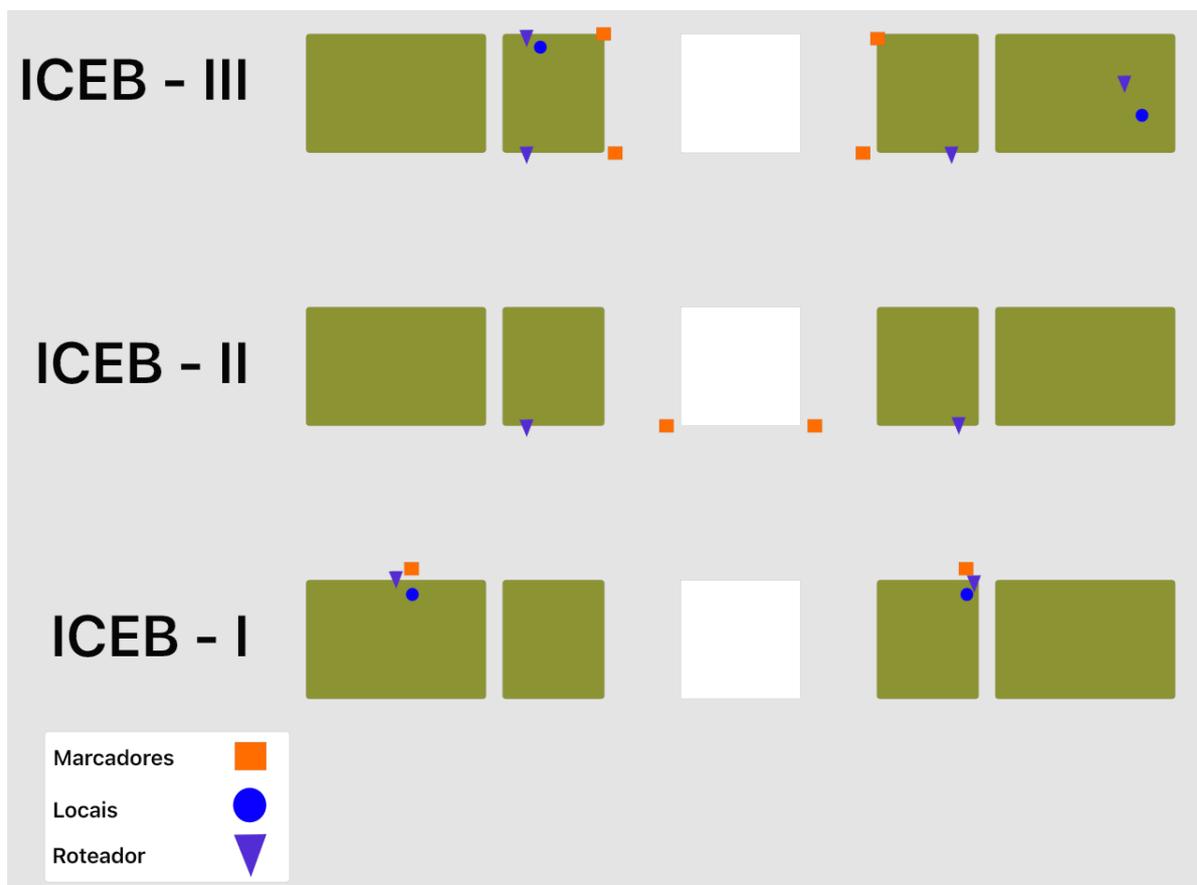


Fonte: Imagem disponibilizada pelo autor.

4.0.2 Análise de viabilidade de implantação no ICEB.

Realizaram-se testes com rotas internas nas dependências do ICEB. Tendo como origem o laboratório Lasca e destino o auditório do DECOM, foi possível registrar o tempo gasto para que o *app* consumisse as informações do trajeto ao escanear o primeiro marcador.

Figura 4.4 – Desenho representativo do posicionamento dos marcadores no ICEB.



Fonte: Imagem disponibilizada pelo autor.

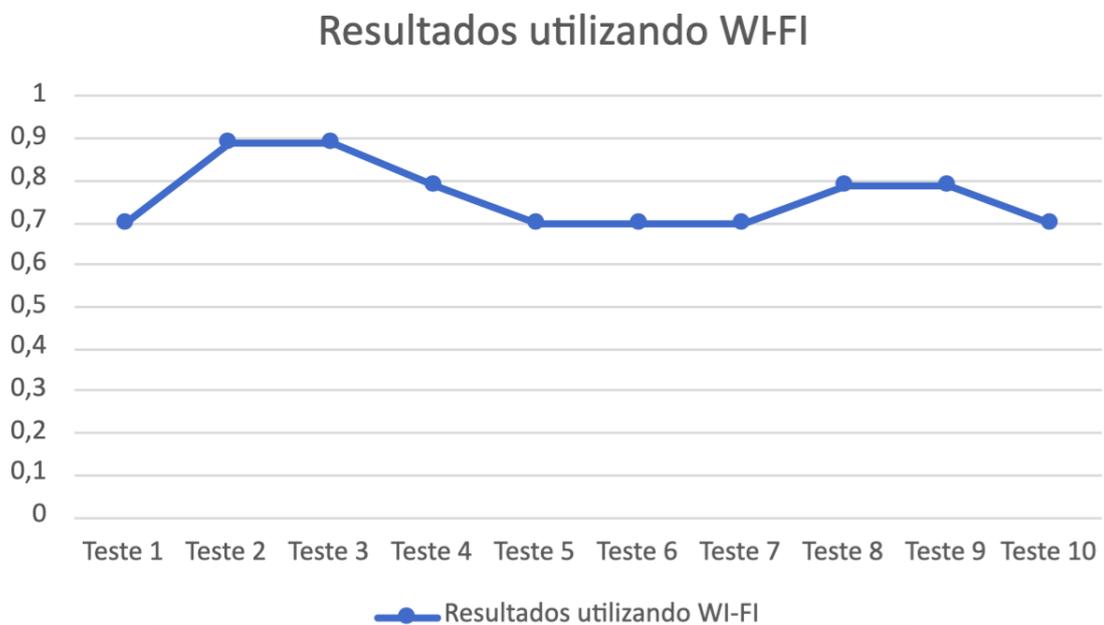
A Figura 4.4 representa a disposição dos marcadores nas dependências do ICEB. Observa-se também que a localização dos roteadores do ambiente que estão em posições estratégicas, estão

em posições favoráveis para consumo da internet por parte dos usuários do *app* para conseguir escanear um marcador.

Para um melhor entendimento dos resultados representados na Figura 4.5, Figura 4.6, Figura 4.7 e Figura 4.8, é importante pontuar que foram realizados 40 testes com a utilização do *app* desenvolvido neste trabalho. Os testes realizados possuíam com intuito a análise da utilização do *app* nas dependências do ICEB, onde 20 testes foram realizados utilizando a rede *WI-FI* e outros 20 testes utilizando o sinal 3G da operadora Vivo. A contabilização do tempo foi realizada em todos os momentos onde o *app* realizava um requisição ao *backend* da aplicação, solicitando informações dos próximos passos que o usuário deveria seguir até o marcador mais próximo. Contabilizou o tempo gasto do momento do clique do usuário no botão onde iniciava a requisição e encerrava a contagem no momento que o *backend* retornava as informações necessárias. Assim, o usuário escaneava um marcador, recebia as informações do *backend* para guia-lo até o marcador mais próximo, onde escaneava novamente o novo marcador encontrado e recebia informações do próximo passo, realizando esses passos até encontrar o destino final.

A Figura 4.5 exibe um gráfico onde representa o tempo gasto em segundos para que o *app* solicitasse informações do trajeto ao *backend*. Visando analisar a possibilidade de uso do *app* no ICEB, utilizou-se a conexão da rede *WI-FI* do próprio ICEB para a realização destes primeiros 10 testes.

Figura 4.5 – Gráfico de resultados utilizando *WI-FI*



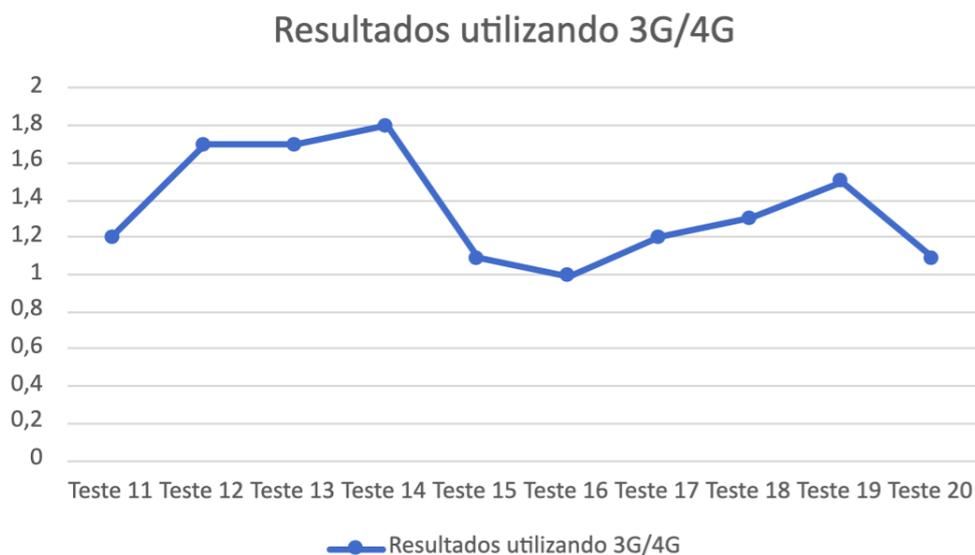
Fonte: Imagem disponibilizada pelo autor.

Analisando os resultados encontrados podemos observar que a média de tempo gasto para realizar a requisição, e obter o trajeto para origem destino foi de 0,76 segundos. Prosseguindo com as análises estatísticas, podemos obter um desvio padrão de 0,07 segundos, o que representa

um dispersão muito baixa em relação à utilização do *WI-FI* do ICEB.

Os resultados demonstrados na Figura 4.6 mostra que a média de tempo gasto para realizar requisições ao *backend* utilizando o sinal 3G da operadora Vivo foi de 1,35 segundos. O desvio padrão calculado teve um resultado de 0,27 segundos. Com uma dispersão maior que a rede *WI-FI* do próprio ICEB, a utilização do *app* com dados móveis do usuário além de possuir maior variação na velocidade, também pode ser impactada com a utilização de dados móveis de outras operadoras e localização dentro do ICEB onde possa haver um maior número de barreiras de sinal. Foram realizados 10 testes para contabilizar o tempo médio utilizando o sinal 3G.

Figura 4.6 – Gráfico de resultados utilizando sinal 3G/4G do usuário.

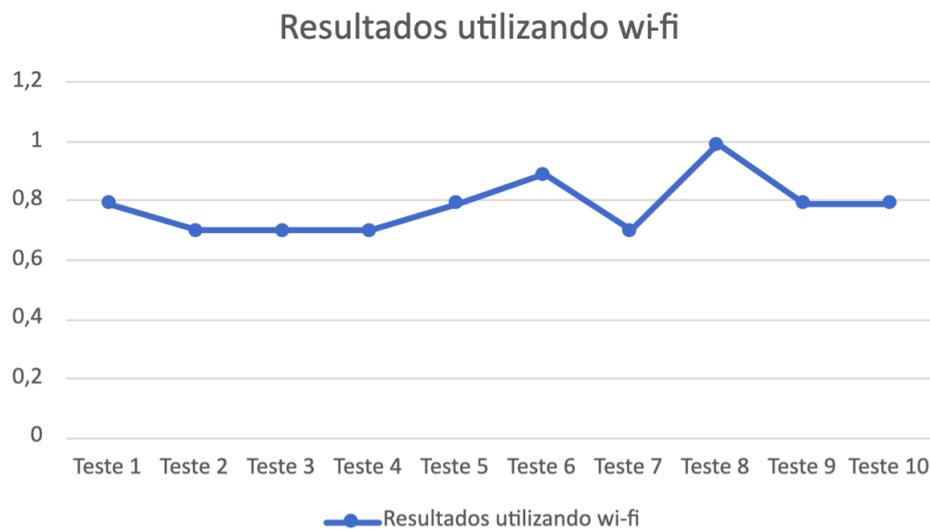


Fonte: Imagem disponibilizada pelo autor.

Realizou-se outra bateria de testes com rotas internas, possuindo como origem o laboratório de Ótica e destino a sala de número 21. Registrou-se também o tempo gasto para que o *app* consumisse as informações do trajeto ao escanear o primeiro marcador.

A Figura 4.7 exibe um gráfico onde representa o tempo gasto em segundos para que o *app* solicitasse informações do trajeto ao *backend*. Foram realizados 10 testes utilizando a rede *WI-FI* que resultaram em um tempo médio de 0,78 segundos e um desvio padrão de aproximadamente 0,09 segundos.

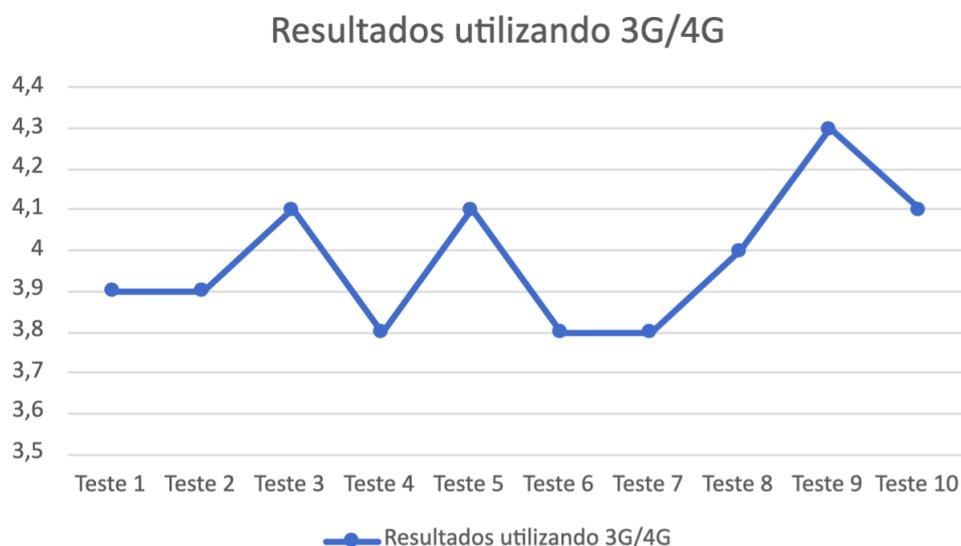
Figura 4.7 – Gráfico de resultados utilizando sinal *WI-FI*.



Fonte: Imagem disponibilizada pelo autor.

Observa-se com os resultados da Figura 4.8 que a média de tempo gasto para realizar a requisição utilizando o sinal 3G foi de 3,98 segundos. O desvio padrão calculado foi de 0,16 segundos. Para um maior entendimento, destaca-se que a realização destes testes foi realizada com poucas interferências durante a sua realização pois foi rara a existência de outros aparelhos conectados ao mesmo tempo e no mesmo local na rede *WI-FI* do ICEB.

Figura 4.8 – Gráfico de resultados utilizando sinal 3G/4G do usuário.



Fonte: Imagem disponibilizada pelo autor.

5 Conclusões

Com intuito de fornecer um *app* que auxilie a locomoção *indoor* de estudantes, professores e visitantes da UFOP, foram desenvolvidos os requisitos funcionais e não funcionais necessários para o funcionamento do sistema, permitindo também a criação da modelagem de dados. Também foi desenvolvida a versão de alta fidelidade do protótipo, utilizando a ferramenta de *design Adobe XD*, que auxiliou o desenvolvimento do *layout* para dispositivos *iOS*.

Neste trabalho apresenta-se o desenvolvimento de todos os objetivos específicos levantados. Desenvolveu-se a *API* em *typescript* responsável por fornecer dados necessários para o *app mobile*, o desenvolvimento em *Swift* do *app mobile* para dispositivos *iOS*, realizou-se testes com especialistas aplicando as heurísticas de Nielsen (1994) e foram realizadas análises envolvendo o tempo gasto para que o *app* realizava uma requisição ao *backend* até obter informações dos próximos passos do usuário com resposta.

Os objetivos definidos para o trabalho foram concluídos de maneira parcial, pois testes com mais estudantes, professores ou visitantes não puderam ser realizados devido aos impactos da pandemia iniciada em 2019 e que exigiu um distanciamento social para segurança de todos. Assim, testes de usabilidade com outros usuários também seriam de muita importância, visando realizar testes com múltiplos usuários utilizando o *app* e também a rede *WI-FI* do ICEB, como forma de fortalecer o estudo de viabilidade de implantação do sistema. Tratando de requisitos funcionais e não funcionais, os requisitos não funcionais 03 e 04 não foram concluídos nessa versão, pois o desenvolvimento do fluxo do trajeto *indoor* demandou um tempo maior do que o esperado.

Para melhorias futuras, observa-se a necessidade da finalização dos requisitos não atendidos e também realizar um maior número de testes com mais usuários. O impacto causado pela pandemia do COVID-19 impossibilitou a execução de testes presenciais com professores e alunos da UFOP. Problemas sanitários gerados pela pandemia do COVID-19 poderiam gerar riscos de eventuais contaminações dos participantes durante os testes, expondo-os ao vírus chamado de COVID-19. Além disso, também seria importante realizar melhorias gerais na *UI* do *app* e também o aperfeiçoamento das tratativas de projeções do caminho em realidade aumentada.

Referências

- APPLE. *ARKIT*. 2020. **Apple**. Disponível em: <<https://developer.apple.com/augmented-reality/>>. Acesso em: 21/03/2021.
- APPLE. *iOS14*. 2021. **Apple**. Disponível em: <<https://www.apple.com/br/ios/ios-14>>. Acesso em: 21/03/2021.
- APPLE. *Swift*. 2021. **Apple**. Disponível em: <<https://developer.apple.com/swift/>>. Acesso em: 21/02/2021.
- BARBOSA;SILVA. *Interação Humano-Computador*. Rio de Janeiro: Elsevier Brasil, 2010.
- CHAGAS, L. *Realidade Aumentada Móvel Aplicada na Navegação Indoor Para Cadeirantes*. Uberlândia, 2017. 154 p.
- DEFENSE, U. S. D. of. *What is GPS?* 2021. **GPS.gov**. Disponível em: <<https://www.gps.gov/systems/gps/>>. Acesso em: 25/02/2021.
- FERREIRA, D. *Ufop Tour: Realidade Aumentada Aplicada A Orientação de Calouros e Visitantes da Universidade Federal de Ouro Preto - Campus Ouro Preto*. Ouro Preto, 2018. 44 p.
- GOOGLE. *Google Maps*. 2021. **Google**. Disponível em: <<https://www.google.com/intl/pt-br/maps/about/#/>>. Acesso em: 21/02/2021.
- JUNIOR, G. *Desenvolvimento de Sistema de Geolocalização em Realidade Aumentada Para Multiplataforma Móvel*. Uberlândia, 2015. 61 p.
- NIELSEN, J. *10 usability heuristics for user interface design*. 1994. **Nielsen Norman Group**. Disponível em: <<https://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/>>. Acesso em: 30/03/2021.
- ROMERO;HOUNSSEL, M. d. S. o. *Introdução a Realidade Virtual e Aumentada*. Porto Alegre: Editora SBC, 2018.
- SCOPUS. *Welcome to Scopus Preview*. 2021. **SCOPUS**. Disponível em: <<https://www.scopus.com>>.
- SEBRAE. *Entenda o design thinking*. 2014. **Sebrae**. Disponível em: <<https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/entenda-o-design-thinking,369d9cb730905410VgnVCM1000003b74010aRCRD>>. Acesso em: 26/03/2021.
- SIMOES, D. *Navegação Indoor Baseada na Rede WI-FI, como suporte a serviços baseados na localização: Estudo de Caso no Campus da UL*. Lisboa, 2015. 75 p.
- TEMPO, O. *Mobilidade urbana e o uso de aplicativos: como você se locomove?* 2019. **O Tempo**. Disponível em: <<https://www.otempo.com.br/patrocinado/mobilidade-urbana-e-o-uso-de-aplicativos-como-voce-se-locomove-1.2272292>>. Acesso em: 22/02/2021.

TERRA. *Aplicativos de transporte movimentam a economia*. 2019. **Terra**. Disponível em: <<https://www.terra.com.br/noticias/dino/aplicativos-de-transporte-movimentam-a-economia,d02c1a4993efda0ccbfee81ca06c8f6hcrfm1v4.html>>. Acesso em: 22/02/2021.

WOEBCKEN, C. *Design Thinking: uma forma inovadora de pensar e resolver problemas*. 2019. **RockContent**. Disponível em: <<https://rockcontent.com/br/blog/design-thinking/>>. Acesso em: 26/03/2021.