

REALIDADE AUMENTADA NO CONTEXTO DO TURISMO INTELIGENTE

Jacó Gonzaga Brasil Neto, Bruno de Sousa Monteiro

Resumo: O termo “realidade aumentada” se refere, em síntese, à sobreposição de elementos virtuais em entidades reais, permitindo que os usuários interajam com esses elementos. Trata-se de uma tecnologia emergente que vem ganhando cada vez mais espaço no cotidiano das pessoas devido à popularização dos dispositivos móveis, que oferecem um ambiente propício à sua utilização. Uma das suas aplicações possíveis é no turismo, que por sua vez representa uma atividade essencial para a economia nacional e internacional, estando sempre aberta a soluções tecnológicas que aprimorem a experiência do turista. O presente trabalho constitui-se, fundamentalmente, pelo relato do processo de elaboração e desenvolvimento de um componente de realidade aumentada voltado à área do turismo, além de sua integração em um aplicativo de turismo inteligente. Para essa finalidade, foram realizadas, previamente, as atividades de: revisão da literatura, seleção de tecnologias que poderiam ser aplicadas de forma viável ao Flutter (*framework* de desenvolvimento multiplataforma), prototipação e diagramação da solução proposta. Posteriormente, o desenvolvimento da funcionalidade de realidade aumentada e sua inclusão no aplicativo existente foram concretizados, obtendo um produto que se enquadra na definição de um MARS (*Mobile Augmented Reality System*). Destarte, o sistema passou por um processo de teste e avaliação por usuários reais, seguindo as diretrizes do *think aloud*, obtendo um índice de aprovação positivo e sugestões pertinentes para melhorias que podem ser efetivadas em versões futuras.

Palavras-chave: realidade aumentada; mobile; turismo inteligente, MARS;

1. INTRODUÇÃO

Sabe-se que a indústria do turismo se constitui, decerto, como uma atividade econômica de elevada relevância para o Brasil e para o mundo. No ano de 2022, por exemplo, ela foi responsável pela geração de 85.802 novos empregos, além de ter faturado 152,4 bilhões de reais (Anuário Estatístico de Turismo, 2022). Bem como verificado em diversos outros setores de semelhante importância, existe uma demanda crescente por soluções tecnológicas criativas e inovadoras, de modo a agregar valor aos produtos e serviços oferecidos. (Perinotto e Siqueira, 2018).

Nesse ínterim, surge a indagação do que pode ser feito para aprimorar a experiência do usuário no que se refere à sua imersão no ambiente que está conhecendo. Haja vista sua natureza interativa e enriquecedora, a solução proposta pelo presente trabalho é a utilização de realidade aumentada.

As técnicas de realidade aumentada (AR) representam, hodiernamente, um campo de estudo com diversas aplicabilidades práticas que podem ser verificadas em domínios consideravelmente distintos, inseridos tanto em ambientes técnicos quanto no cotidiano das pessoas (Aggarwal e Singhal, 2019). Constituindo-se como a sobreposição de entidades digitais em ambientes e/ou objetos reais, aplicando, pois, conceitos de visão computacional e computação gráfica, o AR propicia ao usuário experiências mais ricas, intensificando — aumentando — o seu entendimento do mundo real.

Portanto, este trabalho busca investigar a possibilidade de implementação de conceitos de realidade aumentada no âmbito do turismo, culminando em sua integração em uma plataforma digital de turismo inteligente, bem como na avaliação do impacto dessas técnicas na experiência do usuário. Incidentalmente, faz-se necessário explorar as ferramentas e implementações já existentes, a teoria que as sustenta, definir a viabilidade de seu emprego prático e, eventualmente, integrá-las.

Como a interface da plataforma que é voltada diretamente para os turistas é uma aplicação *mobile*, a solução concebida pelo presente estudo se trata de um MARS (*Mobile Augmented Reality System*). A flexibilidade desse tipo de plataforma, que provê ao usuário acesso a recursos digitais e *online* em qualquer partição espacial ou temporal, permite a existência de novos tipos de serviços tecnológicos, que podem explorar o contexto ao redor do usuário (Höllerer e Feiner, 2004). Dito isso, deve-se ressaltar que, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022), cerca de 155,2 milhões de brasileiros de 10 anos ou

mais possuem um celular, representando 84,4% da população do país. Logo, considerando as vantagens técnicas e sociais mencionadas, tornam-se evidentes as motivações por trás do ambiente alvo escolhido para o desenvolvimento.

No contexto das aplicações existentes no mercado que se configuram como MARS e podem ser utilizadas no turismo, é perceptível a presença de limitações consideráveis em relação à disponibilidade geográfica e técnica. Além disso, apesar de ser uma tecnologia que possui excelente compatibilidade com a atividade turística, há consideravelmente poucas opções em produção na atualidade.

Adotou-se, para aferir a relevância da funcionalidade realidade aumentada desenvolvida, a técnica de *think aloud*, colhendo *feedbacks* autênticos de partes interessadas para compreender o efeito das qualidades e defeitos do AR resultante para o usuário final.

1.1 Método de pesquisa

A primeira etapa deste estudo consistiu em realizar a revisão da literatura existente no que diz respeito aos temas por ele abrangidos. Assim sendo, buscou-se reunir e relacionar conhecimentos já registrados no âmbito acadêmico, tanto a respeito da realidade aumentada — com o intuito de compreender seu conceito e como costuma ser aplicado — quanto em relação ao turismo inteligente, visando a fundamentação do contexto no qual se insere o projeto.

Também foi realizada uma análise de soluções correlatas, escolhendo para esse fim alguns produtos concretos, fossem eles comerciais ou acadêmicos, que também têm como objetivo aprimorar a experiência dos turistas por meio de aplicações com AR. Desse modo, pôde-se compreender o estado da arte das aplicações *mobile* de AR para o turismo e entender como a presente proposta melhor se encaixaria no cenário atual.

Partindo para a prática de desenvolvimento, foi realizada uma sondagem das técnicas e ferramentas externas disponíveis de realidade aumentada que poderiam ser aplicadas. Tendo em vista que o aplicativo é desenvolvido através da linguagem de programação Dart¹ em conjunto com o *framework* multiplataforma Flutter², o escopo foi limitado a recursos que apresentam afinidade com esse ecossistema. Neste sentido, foram selecionados os SDKs (*Software Development Kits*) ARCore³ do Google e ARKit⁴ da Apple, que podem ser acessadas conjuntamente no Flutter por meio da interface ARFlutterPlugin⁵, além do pacote ARLocationView⁶. Com isso, foi criada uma aplicação separada para realizar testes com essas ferramentas e avaliar suas particularidades. Em seguida, foi elaborado um modelo conceitual em formato de *mockup* por meio da plataforma de design gráfico e prototipação Figma⁷. Logo depois, o módulo implementado foi integrado a uma plataforma de turismo inteligente (Gnomon), inicialmente, com dados *mockados* (inventados), e posteriormente consumindo os dados da própria plataforma (lugares, passeios e postagens).

Por fim, foi executada a avaliação da funcionalidade de realidade aumentada resultante de todo esse processo em ambiente de produção. A técnica empregada para essa avaliação foi a de *Think Aloud*, na qual os testadores “falam em voz alta” tudo que eles têm em mente enquanto completam uma tarefa (Charters, 2003). Em outros termos, quem está testando o aplicativo deve reportar exatamente o que está pensando no momento sobre ele, independentemente de a impressão ser positiva ou negativa. Foram selecionados para essa finalidade dois grupos de potenciais usuários do aplicativo: o primeiro composto por discentes de graduação da UFRSA provindos de cursos diversos e o segundo por pessoas de fora da instituição.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Realidade Aumentada e MARS

A realidade aumentada é uma tecnologia emergente, cujo impacto vem reverberando em diversas esferas sociais. Isso se deve à sua capacidade de proporcionar ao usuário a experiência de interagir com o mundo real e o mundo virtual simultaneamente, fruto de sobrepor elementos virtuais em ambientes reais (Pendit; Zaibon; Bakar, 2014). Deve-se, na definição de AR, enfatizar o tópico de interação simultânea entre o real e o virtual. Tendo isso em vista, Aggarwal e Singhal (2019, p. 510, tradução nossa) propõem que “AR pode ser definido como o sistema em que os mundos reais e virtuais são combinados e há interação entre eles em tempo real [...]”.

¹ Dart: <https://dart.dev/>

² Flutter: <https://flutter.dev/>

³ ARCore: <https://developers.google.com/ar>

⁴ ARKit: <https://developer.apple.com/augmented-reality/arkit/>

⁵ ARFlutterPlugin: https://pub.dev/packages/ar_flutter_plugin

⁶ ARLocationView: https://pub.dev/packages/ar_location_view

⁷ Figma: <https://www.figma.com>

Em relação à associação mencionada entre AR e VR, é possível inferir a necessidade de diferenciar os dois conceitos, que possuem consideráveis semelhanças e diferenças. Azuma (1997, p. 355, tradução nossa) interpreta realidade aumentada como “uma variação dos Ambientes Virtuais (VE), ou como são mais comumente referidos, Realidade Virtual”, e em seguida sugere uma definição em conformidade com a de Aggarwal e Singhal:

Tecnologias de VE deixam o usuário completamente imerso em um ambiente sintético. Em contraste a isso, o AR permite que o usuário veja o mundo real, com objetos virtuais sobrepostos ou compostos com o mundo real. Portanto, AR complementa a realidade, em vez de substituí-la completamente. [...] AR pode ser imaginado como o “meio termo” entre VE (completamente sintético) e telepresença (completamente real) (Azuma, 1997, p. 355, tradução nossa).

É notável que as aplicações *mobile* representam um meio propício para a implementação de realidade aumentada. Esses ambientes viabilizam às pessoas o acesso a recursos online em qualquer momento e lugar, além de possibilitarem a exploração computacional do contexto em torno do usuário com o suporte dos sensores presentes nos dispositivos móveis. Alicerçados nessas vantagens, os MARS promovem o serviço fundamental do AR — a integração de informação visual no ambiente físico do indivíduo de forma que ele perceba-a como algo que existe ao seu redor — sem a necessidade de limitar o usuário a áreas apropriadamente equipadas e preparadas com antecedência (Höllerer e Feiner, 2004).

Isso posto, Höllerer e Feiner (2004, p. 3) estabeleceram em sua pesquisa seis componentes necessários para a concepção de um MARS. Os requisitos para tais sistemas seriam:

1. Uma plataforma computacional que consegue gerar e gerenciar o material que será sobreposto ao ambiente, processar as informações e controlar o *display* AR;
2. Um *display* para exibir ao usuário o material virtual sobrepondo o mundo físico;
3. O tratamento de cadastro, que consiste em associar os elementos virtuais aos objetos reais que eles devem representar;
4. Tecnologias de interação, para permitir que um usuário em movimento interaja com o “mundo aumentado”, seja para fazer seleções ou para visualizar bancos de dados contendo materiais relevantes;
5. Acesso à internet ou a redes sem fio específicas para poderem se comunicar com outras pessoas ou computadores; e
6. Tecnologias de armazenamento e acesso de dados, a fim de que o sistema possa prover ao usuário informações sobre o ambiente.

2.2 Turismo Inteligente

Diante das mudanças consideráveis pelas quais a sociedade vem passando no que toca à presença das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) na vida das pessoas, o mercado do turismo — uma das atividades econômicas mais importantes e lucrativas em escala mundial — toma uma postura de constante renovação para com suas atividades. Atualmente, os turistas são notavelmente mais bem informados e autônomos, e as novas soluções para aperfeiçoamento do setor devem levar isso em consideração (Perinotto e Siqueira, 2018).

A partir dessa ideia, um dos termos usados para descrever o estado atual das propostas de intervenção tecnológicas para essa área é “Turismo 4.0”. Baseado no conceito de Indústria 4.0, introduzido pelo governo alemão em 2015 e que representa o uso de automação, troca de dados e outras técnicas computacionais no ambiente industrial, o Turismo 4.0 caracterizaria a percepção de mudanças tecnológicas no campo do turismo que o tornam cada vez mais integrados com a percepção dos sistemas digitais (Kalandarovna et al., 2022). No que diz respeito a esse conceito, Kalandarovna et al. (2022) acrescentam que sua base é a definição de Turismo Inteligente, que seria a convergência entre as tecnologias de informação e a experiência de turismo. No entanto, não há um consenso na literatura em relação a essa definição (Rojas-Berrio, 2020). Uma das propostas para elucidar o termo veio por parte de Gretzel et al. (2015), resultando em uma investigação minuciosa sobre a origem e suas especificidades.

Turismo inteligente pode ser definido como sendo o turismo apoiado por esforços integrados a um destino para coletar e agregar/aproveitar dados derivados de infraestruturas físicas, conexões sociais, fontes governamentais/organizacionais e corpos/mentes humanas em combinação com tecnologias avançadas para transformar esses dados em experiências locais e valores/proposições de negócios com claro foco em eficiência, sustentabilidade e aprimoramento da experiência do usuário (Gretzel et al., 2015, p. 33, tradução nossa).

Convém destacar que uma das “tecnologias avançadas” citadas é precisamente a realidade aumentada, que configura vários méritos em sua empregação como ferramenta para o turismo inteligente. Utilizá-la para simulação de guia turístico, por exemplo, permite exibir conteúdo em demanda enquanto os turistas passeiam pela cidade. À vista disso, é possível atestar que tais aplicações proporcionam ao usuário a possibilidade de explorar o mundo adicionando novas camadas à realidade, sucedendo uma experiência interativa e altamente dinâmica (Kounavis, Kasimati e Zamani, 2012).

2.3 Gnomon

A plataforma Gnomon⁸ se propõe a ser uma das soluções disponíveis para aperfeiçoar o setor de turismo. Sua funcionalidade central é de ser um guia turístico inteligente, entregando ao usuário experiências personalizadas de passeios com geolocalização, conduzindo-o a lugares relevantes nas proximidades e inteirando-o sobre eles. Ele implementa os mecanismos de recomendação personalizada de passeios por meio de algoritmos genéticos (Gondim, 2022, p. 79), proporcionando ao usuário experiências turísticas relevantes “a partir do perfil do usuário, sensibilidade ao contexto e a ubiquidade”. A plataforma Gnomon já conta com uma aplicação *mobile* consolidada e em produção, disponível na *Google Play* para dispositivos com sistema operacional *Android* e na *Apple Store* para aparelhos *iOS*.

À vista disso, mostrou-se conveniente aproveitar a proximidade com o Gnomon para introduzir as técnicas de realidade aumentada desenvolvidas em cenários concretos, possibilitando, consequentemente, uma validação real e empírica dos resultados obtidos neste trabalho.

2.4 Análise de Soluções Correlatas

Segundo Adom (2016, p. 10), a análise de soluções correlatas é uma importante atividade no desenvolvimento de novos projetos, porquanto ao compreender quem são os competidores e como eles operam, é possível obter informações valiosas que podem ser utilizadas para elaborar estratégias efetivas. Neste caso, foram selecionadas aplicações comerciais e iniciativas acadêmicas da área do turismo que se enquadram na definição de sistemas *mobile* de realidade aumentada. Priorizou-se softwares com AR cujo foco, assim como no do Gnomon, é de servir como guia turístico inteligente e/ou ferramenta para roteamento de passeios.

Inicialmente, foram selecionadas quatro soluções concorrentes que já estão efetivamente em fase de produção.

O City Guide Tour⁹ é uma plataforma de turismo que faz da realidade aumentada um dos seus pilares. Utilizando-se da câmera do *smartphone* como módulo de AR, os APPs da City Guide Tour exibem POIs (*Points of Interest*) de locais turísticos em tempo real, oferecendo também diversas informações relevantes, como descrição, horário de funcionamento e possíveis taxas de entrada. Tratam-se de aplicações bastante otimizadas, minuciosas e polidas. Porém, há uma limitação severa no que se refere à disponibilidade — a empresa só aceita abertamente encomendas vindas diretamente do governo local das regiões interessadas em disponibilizá-lo. Eles desenvolvem um aplicativo específico para cada região que contrata seus serviços, e atualmente só há versões disponíveis em Dubai, Praga e Torun, além de versões em desenvolvimento para Paris, Poznan, Lublin e Zamosc.

Seguindo por outro caminho, o aplicativo Citymapper¹⁰ tem como objetivo servir como um auxiliador no trânsito das cidades, ajudando pessoas não familiarizadas com o local a se locomover com tranquilidade. Para isso, ele disponibiliza roteamento inteligente levando em consideração, inclusive, a logística dos transportes coletivos do local. O Citymapper possui uma funcionalidade de realidade aumentada na qual a rota que o usuário deve seguir aparece na câmera dinamicamente enquanto ele se movimenta. Embora visivelmente seja possível utilizar o APP para turismo, deve-se salientar que o objetivo primário da aplicação é o de roteamento em geral — em suma, não gera experiências de turismo personalizadas para o usuário. A empresa possui a ambição de expandi-lo em escala mundial, mas no presente momento se encontra disponível apenas na Europa e nos Estados Unidos.

Outra implementação notável de roteamento com realidade aumentada é o Google Maps Live View¹¹, funcionalidade de AR integrada ao Google Maps. Ele entrega uma experiência rica de navegação pela câmera do dispositivo em caminhadas a pé, indicando as direções por meio de objetos tridimensionais sobrepostos ao ambiente capturado pelo dispositivo. Atualmente só está disponível para utilização em Londres, Los Angeles, Nova York, Paris, São Francisco e Tóquio.

⁸ Gnomon: <https://gnomongo.com>

⁹ City Guide Tour: <https://www.cityguidetour.com/>

¹⁰ Citymapper: <https://citymapper.com/>

¹¹ Google Maps Live View: <https://support.google.com/maps/answer/9332056>

Voltando ao domínio de soluções voltadas especificamente ao turismo, pode-se deixar em evidência o APP World Around Me¹², quiçá o principal representante dos MARS no cenário atual da indústria. Vencedor do prêmio Google Play Award 2016, indicado como um dos melhores aplicativos da Huawei App Gallery de 2018 e disponível em mais de 200 países e 25 idiomas, o WAM se beneficia fortemente da realidade aumentada, tendo-a como uma das suas funcionalidades centrais. Assim como as aplicações anteriores, ele utiliza o AR a partir da câmera do aparelho, exibindo pontos turísticos de interesse próximos ao usuário e informações detalhadas sobre eles. Certamente é plausível mensurar sua relevância como alta, visto que é um produto já consolidado e não possui a limitação de disponibilidade das aplicações anteriores. Não obstante seus méritos, é preciso apontar que o app se encontra sem nenhuma atualização desde 2021, resultando na situação de o aplicativo não estar nem ao menos compatível com versões mais recentes do sistema operacional Android. O site oficial do projeto se encontra fora do ar. Em resumo, a Tabela 1, a seguir, destaca as principais características dos aplicativos comerciais analisados.

Tabela 1. Comparação das características dos concorrentes comerciais

Aplicação	Voltada ao turismo	POIs com AR	Roteamento com AR	Disponível no Brasil	POIs criados pelo usuário
World Around Me	x	x		x	
City Guide Tour	x	x			
Citymapper			x		
Google Maps Live View		x	x		x

Por fim, nota-se uma certa escassez de projetos de AR aplicada ao turismo na literatura acadêmica. Cibilić, Poslončec-Petrić e Tominić (2021) desenvolveram uma aplicação na qual o usuário aponta o dispositivo para uma rua pré-cadastrada e o APP exibe uma imagem de como ela era no passado, e Magnusson (2022) dissertou sobre realidade aumentada geolocalizada, porém sem o uso da câmera.

3. DESENVOLVIMENTO

3.1 Tecnologias de Realidade Aumentada

Para efetuar o desenvolvimento da solução proposta, o primeiro passo foi realizar uma filtragem entre as bibliotecas de AR disponíveis no mercado atualmente, objetivando encontrar serviços confiáveis que pudessem ser aplicados de imediato no *Flutter*, *framework* multiplataforma com a qual o aplicativo do Gnomon foi construído. Notou-se que as duas maiores empresas no ramo de *software* para dispositivos *mobile* oferecem SDKs próprios de realidade aumentada: *Google ARCore* e *Apple ARKit*.

O *ARCore* é um SDK de realidade aumentada da *Google*, oferecendo ferramentas fundamentais para a construção de experiências de AR, como monitoramento da movimentação do dispositivo, assimilação do ambiente, detecção de profundidades e medição aproximada da luminosidade do local, além de prover âncoras, um conceito essencial para o AR pretendido no presente projeto. A documentação do *ARCore*¹³ define âncora como uma entidade que, quando criada, estabelece uma pose — representação da posição e orientação de um objeto no espaço de mundo, que é o espaço coordenado no qual a câmera e os objetos estão posicionados — relativa ao espaço de mundo estimado para o *frame* atual. Isso permite que os objetos ligados à âncora aparentem estar fixos no local em que estão, tendo suas poses atualizadas em cada *frame*. Essa entidade leva a outro serviço oferecido pela SDK com utilidade prática direta no caso de uso deste projeto, que é o de *Cloud Anchor*¹⁴. Como o nome bem sugere, as *cloud anchors* se constituem como um tipo especial de âncora, utilizado para persistir objetos AR no mundo real. Enquanto as âncoras tradicionais são fixadas apenas na cena local criada no aparelho do usuário, elas são designadas a localizações reais do mundo e disponibilizadas para várias pessoas e vários dispositivos diferentes por meio da Internet. Portanto, elas são adequadas para o uso em aplicações voltadas ao turismo, já que nelas a posição de um objeto no mundo é um fator primordial.

Em relação ao *ARKit* da *Apple*, pode-se afirmar que entrega funcionalidades análogas às do *ARCore*, porém com foco na integração de funcionalidades sensoriais do *hardware* dos dispositivos produzidos pela companhia. Logo, ele é otimizado pensando especificamente nos sistemas operacionais equivalentes ou versões acima do iOS 11.0, iPadOS 11.0, Mac Catalyst 14.0 e visionOS 1.0.

¹² World Around Me: <https://worldaroundmeapp.com/>

¹³ Âncoras do *ARCore*: <https://developers.google.com/ar/develop/anchors>

¹⁴ Cloud Anchors: <https://developers.google.com/ar/develop/cloud-anchors>

Haja vista a paridade existente entre os serviços oferecidos pelo *ARCore* e o pelo *ARKit*, aliada à essência multiplataforma do *Flutter*, é possível a utilização simultânea de ambos no mesmo projeto, sendo acessados de acordo com a plataforma utilizada pelo usuário. É justamente para esse fim que serve o *ArFlutterPlugin*. Essa dependência abstrai o consumo nativo e a escolha baseada na plataforma dos dois SDKs. Possibilita-se dessa forma utilizar todas essas funcionalidades diretamente no *Flutter*, em que cada componente se torna um *Widget* e cada tarefa originalmente nativa é chamada por métodos na linguagem *Dart*.

Por outro lado, o *ARLocationView* é um pacote independente baseado no componente de realidade aumentada para *IOS* em *HDAugmentedReality*¹⁵. Originalmente feito em *Swift*, seu diferencial é o tratamento de áreas com altas concentrações de pontos de interesse, projetando a visualização de todos na câmera. Para isso, ele empilha os POIs verticalmente, exibindo os pontos mais distantes do usuário em cima dos mais próximos. Esse comportamento é importante para plataformas de turismo, pois as rotas turísticas podem ser compostas por vários lugares próximos uns dos outros. O formato bidimensional e fixo dos POIs é mais desejável para passeios na rua que os objetos e *Cloud Anchors* do *ARCore/ARKit* — eles possuem tamanhos adaptados ao espaço de mundo, e portanto não são visíveis de longe na maioria das situações.

A seguir, a Figura 1 contém algumas capturas de tela tiradas da aplicação separada para testar ambas as técnicas. Na Figura 1.a é possível ver a implementação do *ArFlutterPlugin*, apresentando um objeto 3D modelado no *Blender*¹⁶. Este objeto está associado a uma localização (em latitude e longitude) específica por meio de uma *Cloud Anchor* armazenada no *Cloud Firestore*¹⁷, serviço de bancos de dados na nuvem do *Firebase*. Junto com a *Cloud Anchor* foi armazenado também um JSON com os dados do local. Qualquer usuário do aplicativo que chegasse naquele local teria acesso a esse objeto, que, ao ser clicado, abre um *card* com os dados presentes no JSON (Figura 1.b). Já na Figura 1.c é possível ver a implementação da *ARLocationView*, com o radar de POIs próximos em um raio de 1,5 km e os *cards* de lugar sobrepostos à câmera de acordo com sua localização e direção, tendo o usuário como base.

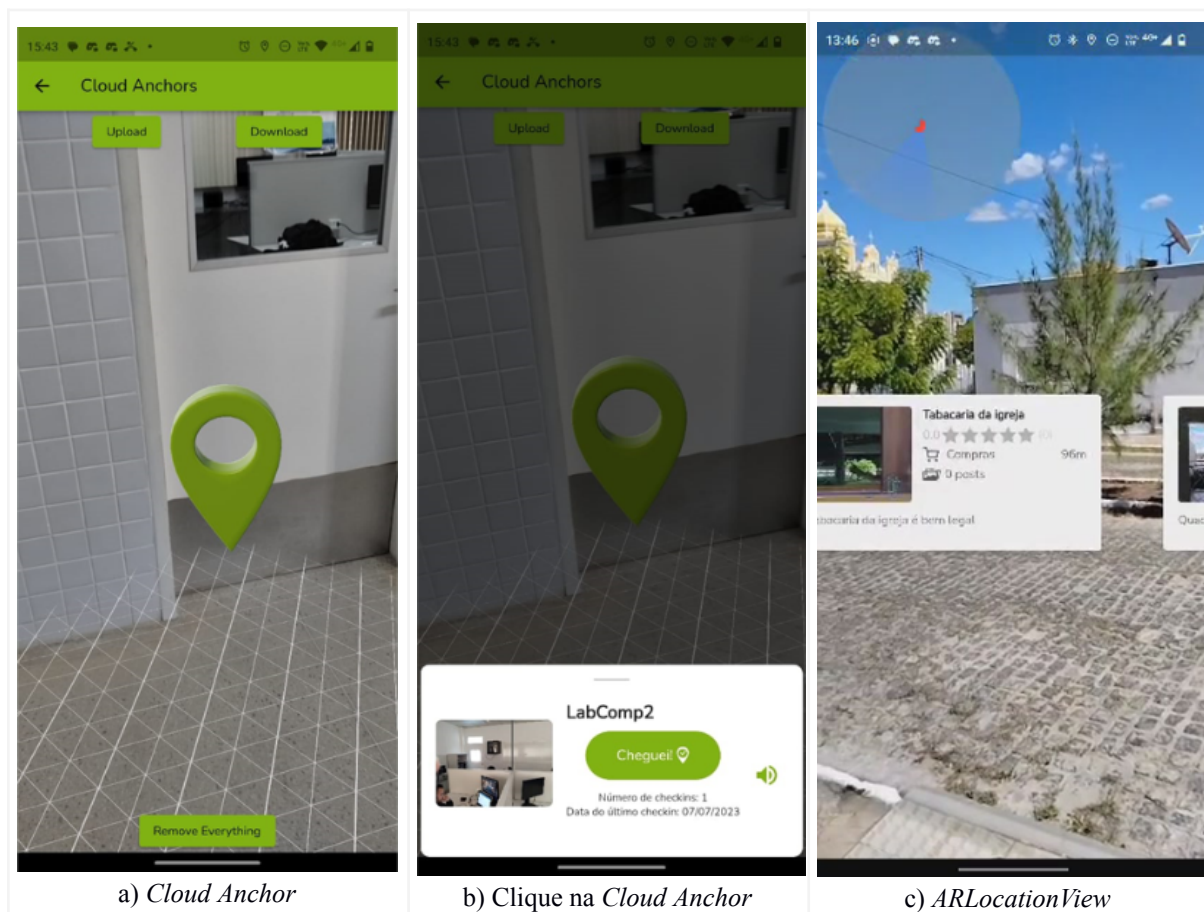


Figura 1. Screenshots da aplicação teste. (Autoria própria)

¹⁵ HDAugmentedReality: <https://github.com/DanijelHuis/HDAugmentedReality>

¹⁶ Blender: <https://www.blender.org/>

¹⁷ Cloud Firestore: <https://firebase.google.com/docs/firestore>

3.2 Idealização das telas

Tomando como base o padrão de funcionalidades presentes nas soluções correlatas e levando em consideração as bibliotecas escolhidas, foram idealizadas as telas da solução proposta. Como a AR com uso de câmeras é por natureza extremamente mutável, por requerer a movimentação constante de elementos na tela, seria complexo representar seu comportamento em protótipos gráficos dinâmicos convencionais. Optou-se então por realizar a elaboração das telas por meio de *mockups* — representações graficamente fiéis, porém estáticas, de como pretende-se que o aplicativo venha a se tornar no final do desenvolvimento. Para essa atividade foi adotada a ferramenta de design e prototipação Figma,

A seguir, na Figura 2.a, encontra-se o modelo já existente da tela de *home* do aplicativo Gnomon. Foi adicionado, em seu canto inferior direito, o botão de AR, que deve redirecionar o usuário à tela principal do AR. Essa tela é ilustrada pela Figura 2.b, que possui quatro componentes principais: a visão capturada pela câmera do usuário, que ocupa a tela inteira; os pontos de interesse — *cards* bidimensionais e flutuantes representando pontos turísticos e passeios — sobrepostos à visão da câmera em tempo real; o radar presente no canto superior esquerdo da tela, atualizado de acordo com a bússola do dispositivo e responsável por dar ao usuário a noção de onde ele pode encontrar pontos ao seu redor em um raio próximo; e um simples botão para fechar a visão de AR e voltar à tela inicial na região inferior da tela, respeitando a ergonomia de quem está caminhando e utilizando o celular com apenas uma mão. A Figura 2.c e a Figura 2.d retratam a visão de AR para visitas turísticas a ambientes internos, com um *pin* tridimensional tocável sobreposto ao ambiente, que no toque abre um *card* inferior com a opção de sintetização de áudio com uma descrição do lugar indicado pelo seu respectivo *pin*.

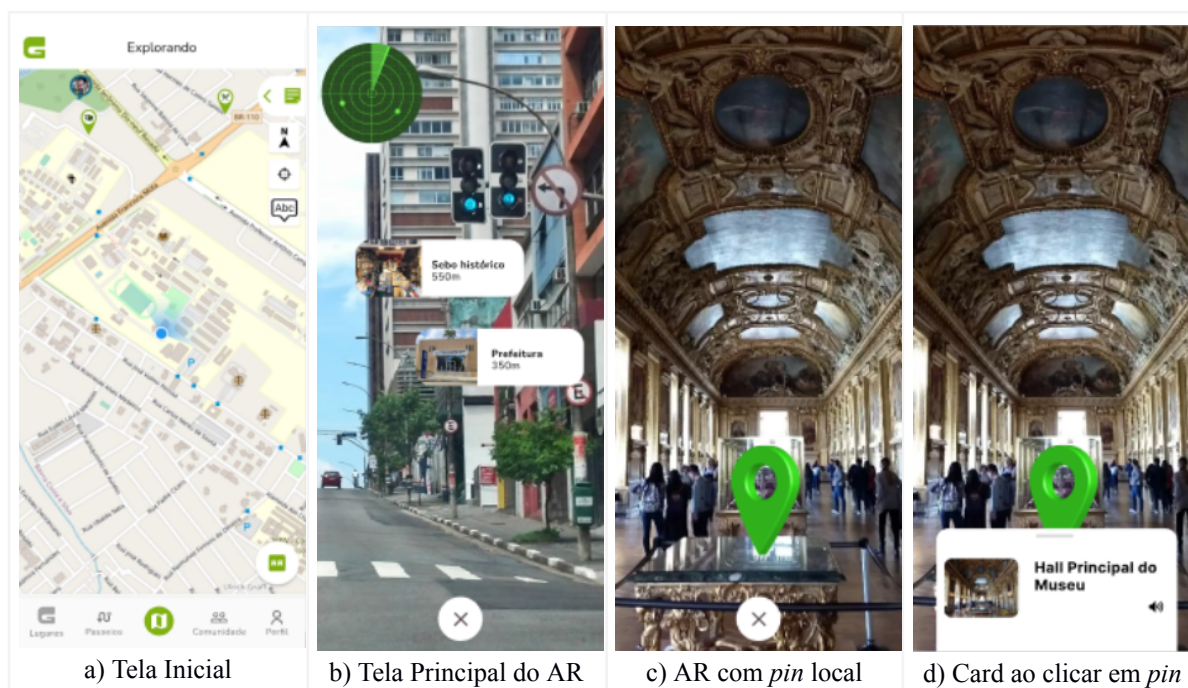


Figura 2. *Mockups* da aplicação criados no Figma. (Autoria própria)

3.3 Comportamento interno esperado

Por se tratar de um fluxo singular e específico de funcionalidades, é conveniente a utilização de um diagrama de atividade da UML para ilustrar a idealização da solução. Esse modelo de diagrama é bastante utilizado para visualizar os detalhes de casos de uso individuais, permitindo a representação de atividades (sequenciais e concorrentes), os objetos produzidos e recebidos por eles, além da ordem de execução das ações (Ahmad et al., 2019). A seguir, na Figura 3, é possível observar o diagrama de atividades que foi concebido com o auxílio do Lucidchart¹⁸, uma aplicação *web* de diagramação inteligente.

¹⁸ Lucidchart: <https://www.lucidchart.com/>

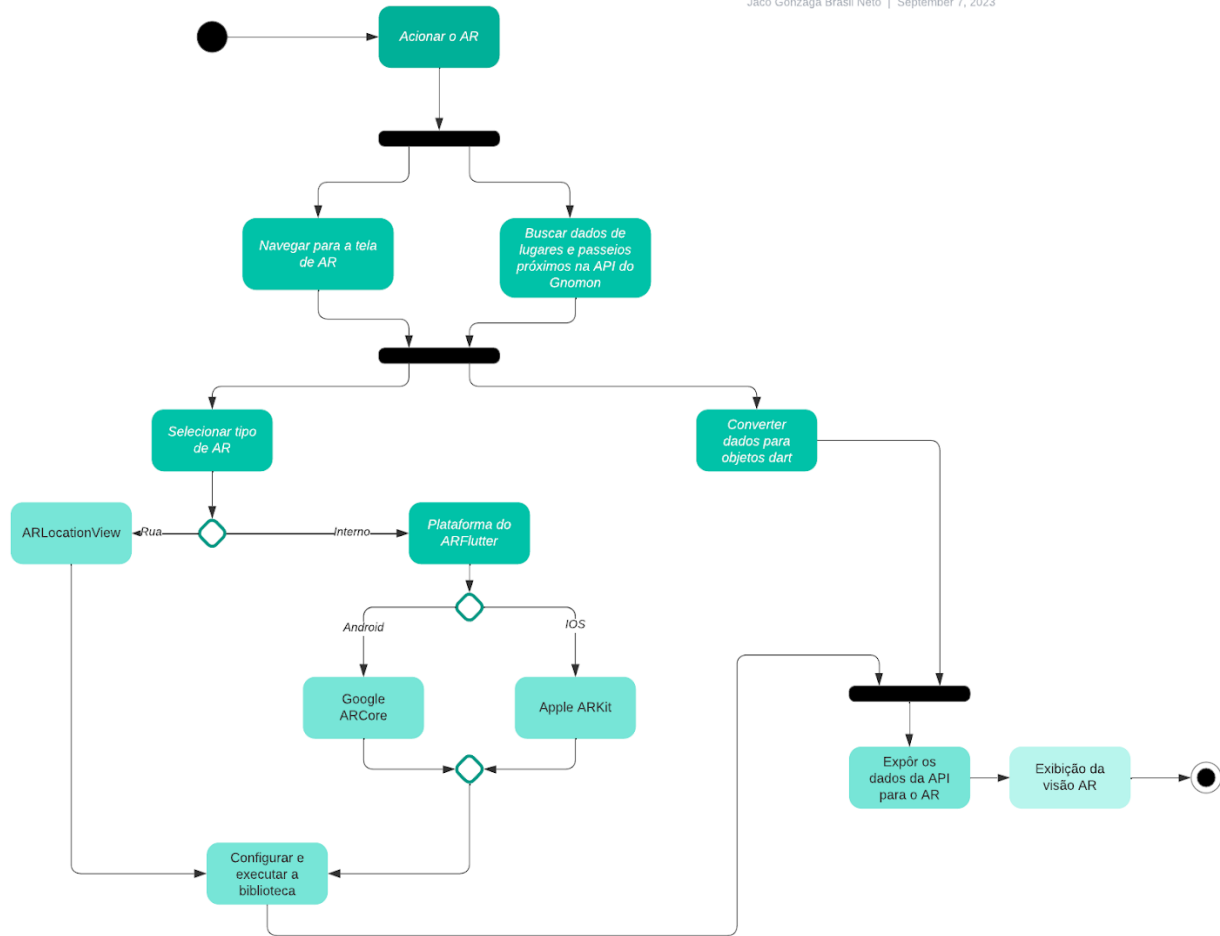


Figura 3. Diagrama de Atividade da aplicação. (Autoria própria)

Nota-se pelo diagrama que no momento em que o usuário aciona a funcionalidade de realidade aumentada, o sistema deve navegar para a tela AR e fazer chamadas ao *backend online* do Gnomon para obter os dados dos lugares e passeios turísticos próximos ao usuário. Salienta-se que esses dados são expostos por meio de uma API REST acessada no *frontend* por meio de requisições HTTPS que esperam como resposta os dados necessários em formato de objetos JSON.

A tela de AR pode apresentar comportamentos distintos de acordo com certos fatores. Há duas implementações: uma para domínio externo que opera na rua em passeios a pontos turísticos da cidade e uma para atribuição interna a locais como museus e centros históricos. Na primeira, a aplicação se utiliza do *ARLocationView* para sobrepôr os POIs próximos ao usuário na câmera e exibir o radar, enquanto na implementação para excursões internas há outras duas possibilidades de acordo com a plataforma na qual o APP está sendo executado — caso seja verificado que o *smartphone* possui o sistema operacional Android, o sistema consumirá a API do *Google ARCore*, ao passo que se o dispositivo for um *iPhone* com IOS, o serviço consumido é o *Apple ARKit*. Em ambas as hipóteses, o *ARFlutterPlugin* serve como uma camada de abstração para acessar e configurar a API de AR selecionada no ambiente *Flutter*. Em concomitância a esse processo, os dados obtidos da API do Gnomon são convertidos internamente para objetos Dart a partir dos objetos JSON originais para possibilitar a utilização deles pelo resto do programa.

Após passar pelas devidas configurações na biblioteca de realidade aumentada em execução no momento, os dados de lugares e passeios já tratados são expostos à biblioteca, que por sua vez tem a responsabilidade de exibi-los ao usuário na visão AR gerada.

3.4 Resultado

O processo de desenvolvimento, abordado nas seções anteriores, culminou na integração da realidade aumentada com o aplicativo *mobile* do Gnomon, como pode ser verificado nas *screenshots* da Figura 4. A página inicial (Figura 4.a) apresenta ao usuário um botão circular com o ícone de AR no canto inferior direito da tela, cujo componente em evidência é um mapa tradicional com marcadores posicionados na localização dos pontos de interesse próximos ao usuário. Esses pontos de interesse, obtidos da API *online* do Gnomon, são categorizados em: lugares e passeios. Os lugares são locais selecionados que possuem alguma relevância para um turista, enquanto os passeios são rotas turísticas personalizadas compostas por vários lugares.

Quando o usuário pressiona o botão de AR, ele é redirecionado para a visão de realidade virtual, que, por padrão, está configurada para exibir os POIs de lugar. Essa tela é a principal contribuição deste trabalho, fornecendo todos os componentes necessários para a experiência aumentada. Quando o turista chega nela, se depara com a presença do conteúdo capturado pela câmera do seu dispositivo ocupando a maior parte do *display*, e sobreposto a isso estão os *cards* de lugar posicionados no sentido em que a câmera está apontando. Em Figura 4.b, é evidente que o POI “Bosque de Juazeiros” está aparecendo na direção efetiva do bosque no mundo real a partir do *smartphone*. Ao tocar nele, o APP abre uma página com os detalhes do lugar (Figura 4.d) referente ao POI, trazendo informações, fotos e comentários de outros usuários sobre ele, além de possuir um botão que leva o usuário ao mapa nativo do dispositivo, permitindo que o usuário saiba como chegar até lá. Voltando à visão de AR (Figura 4.b), há a presença do radar de POIs no canto superior esquerdo, que se utiliza da bússola e do giroscópio do aparelho para dar uma perspectiva geral de onde é possível encontrar mais pontos. Assim como nos testes, foi adotado um raio de 1,5 km de alcance para o radar. Na parte inferior, centralizada, encontram-se o botão de fechar e uma coluna de *switches*, que não estavam presentes no protótipo, cuja função é controlar que tipo de entidade deve ser exibida naquele dado momento. Ao tocar em um deles, se no momento o interruptor estava “desligado”, passam a ser exibidos na tela os POIs referentes à entidade que ele representa, como é o caso dos passeios; se estava “ligado”, ocorre o comportamento inverso e os POIs relacionados à entidade do *switch* param de aparecer. Observa-se também que o APP é responsivo, de modo que se adapta no caso do usuário posicionar a câmera na horizontal (Figura 4.c).

Os POI de passeio estão sendo diferenciados dos de lugar pela cor da borda, que é violeta, e pelo ícone. Esses signos de diferenciação são os mesmos para os de postagem, porém estes apresentam uma borda de cor azul. Assim como os de lugar levam à visão de lugar, os de passeio direcionam o fluxo para a página de passeio (Figura 4.e), na qual além da exposição dos detalhes da entidade, há o botão que permite o acesso ao percurso do passeio (Figura 4.f), funcionalidade-chave do Gnomon que consiste na experiência de navegação guiada por voz passando por cada lugar cadastrado no passeio.

Devido ao fato de que o roteamento do Flutter possui o comportamento de uma pilha, é possível explorar todas essas páginas e voltar para a visão de AR sem a necessidade de carregar tudo do início, resultando em uma ferramenta bastante útil e interativa de explorar os arredores. Isso é ainda mais evidente no comportamento ao tocar os cartões de postagem, que abre um *popup* — janela que apresenta o conteúdo suspenso à tela atual — apresentando o seu conteúdo (Figura 4.g). O comportamento de cada um desses componentes de interface condiz com as ações de toque padrão aos componentes do restante do aplicativo.

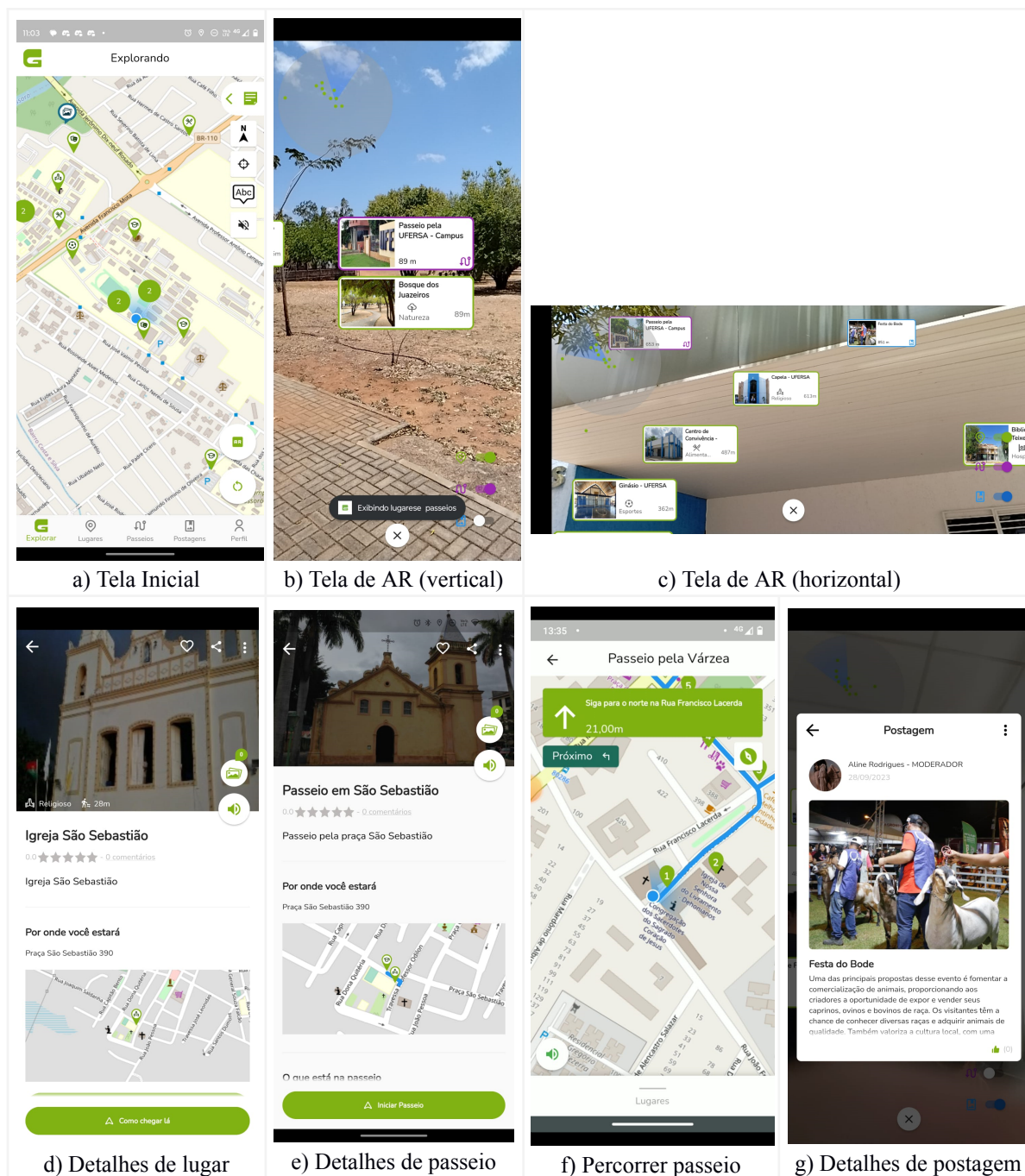


Figura 4. Screenshots do APP Gnomon com o uso de AR. (Autoria própria)

Um diferencial do Gnomon em relação aos concorrentes é que, se por um lado todos eles possuem algum tipo de limitação no que tange à disponibilidade por região e/ou só funcionam com dados pré-estabelecidos, o APP do Gnomon permite ao usuário criar seus próprios lugares e passeios personalizados. Como o componente de realidade virtual consome os conteúdos da própria plataforma, o turista — ou mesmo um guia turístico — pode criar sua própria experiência de AR em qualquer lugar que desejar. Isso é importante para a autossuficiência da solução, que, por conseguinte, passa a ser escalável no domínio de seu conteúdo.

Entretanto, percebe-se nessa integração a ausência de um dos serviços de realidade aumentada desenvolvidos nas etapas anteriores, que são as *cloud anchors* das visões do *Google ARCore* e da *Apple ARKit*. Isso se deve a algumas limitações técnicas momentâneas e de escopo entre as ferramentas e o Gnomon. No caso, como citado anteriormente, esse serviço seria utilizado para excursões em ambientes internos, e atualmente o foco do aplicativo são passeios por vários pontos turísticos, e não para conhecer os espaços internos de um ponto turístico específico. Ademais, no aspecto técnico, as *cloud anchors* possuem um ciclo de vida de 24 horas, e seria necessário criar, para cada objeto cadastrado no banco de dados, uma *cloud anchor* equivalente. Há um

volume de dados considerável no projeto, então seria inviável fazer essa atividade manualmente a cada 24 horas, havendo a necessidade de criar uma rotina automatizada e otimizada para o mapeamento destes dados.

Com isso, avaliou-se que seria suficiente para o escopo deste trabalho manter a integração estável apenas com o *ARLocationView*, que condiz com o contexto da plataforma adotada nos testes. Não há perda conceitual com essa decisão, pois ela por si só já atende os seis requisitos de Höllerer e Feiner (2004) para um *APP* ser considerado um MARS.

3.5 Avaliação

Após a conclusão da integração, foi realizada a atividade de avaliação, que contou com a presença de participantes com perfis e idades diferentes. O primeiro teste foi realizado no ambiente acadêmico da UFERSA com discentes de cursos diversos (Ciência e Tecnologia, LEDOC, Ciências Contábeis e Engenharia de Produção), e idades na faixa de 20 e 30 anos, enquanto o segundo ocorreu no quadro da igreja matriz de Caraúbas com a colaboração de moradores locais.

Antes de apresentar os resultados propriamente ditos dos *feedbacks* dos usuários, é importante frisar que no teste piloto foi identificado um *bug* que influenciava diretamente na experiência de uso, que foi a ausência de atualização dos objetos na visão de realidade aumentada em função do deslocamento do usuário, ou seja, as pessoas se locomoviam com o dispositivo e os pontos no radar e na tela não acompanhavam as atualizações de posição geográfica. O problema foi então corrigido para dar continuidade às avaliações. As impressões obtidas estão sintetizadas nos parágrafos a seguir.

Notou-se uma primeira impressão de deslumbramento com algo desconhecido por parte dos testadores, que citaram que nunca haviam tido contato com uma funcionalidade semelhante. Nos testes realizados com os moradores locais em Caraúbas, alguns demonstraram dificuldade para entender o que deveriam fazer depois de entrar na tela e não perceberam de início que os *cards* flutuantes eram tocáveis. Foi dada a sugestão de que seria importante adicionar um pequeno tutorial prévio ao entrar na visão pela primeira vez.

Por parte de discentes da UFERSA, foram apontadas algumas melhorias que poderiam ser feitas na interação com a tela em si, como aprimorar a interação com os cartões. Um participante disse que se incomodou com o fato de que, sempre que um card é tocado, uma nova tela para mostrar os detalhes é aberta; segundo a pessoa, isso tirava muito o usuário da tela de AR, prejudicando a imersão. Também externaram uma preocupação com o possível cenário em que há muitos POIs próximos aos usuários, o que poderia eventualmente deixar a tela poluída.

Em relação à compatibilidade com dispositivos, foram identificados dois casos em que a funcionalidade não funcionou devido à ausência de giroscópio e bússola. Os dispositivos nos quais isso ocorreu foram o *Samsung Galaxy J7 Prime (2017)* e o *Samsung Galaxy A10 (2019)*. O restante dos usuários não teve problemas para utilizar a função, e inclusive enalteceram a fluidez e estabilidade.

Afora as adversidades citadas, todos os usuários que conseguiram testar em seus *smartphones* relataram uma experiência positiva, elogiando a interatividade e inovação da solução. Percebeu-se que os usuários se divertiam enquanto testavam, muito por se tratar de uma novidade para eles. Em relação à utilidade prática, disseram que provavelmente não utilizariam muito a funcionalidade no dia-a-dia, mas que certamente estariam dispostos a utilizá-las quando estiverem visitando um lugar desconhecido — o que condiz com o contexto relacionado ao uso turístico.

4. CONCLUSÕES

Concretizou-se, a partir deste trabalho, o desenvolvimento de um sistema *mobile* de realidade aumentada aplicado à área do turismo. Por meio da revisão da literatura, foi validado que a solução proposta de fato se enquadra nessa definição, dado que se utiliza de uma plataforma computacional, de um *display*, de conexão com a *internet* e tecnologias de manipulação com dados para abrigar o tratamento de cadastro de elementos virtuais em reais e a interação com eles.

A solução desenvolvida foi integrada com sucesso ao ambiente do aplicativo Gnomon, e já se encontra disponível em produção na *Google Play* e na *App Store*.

Haja vista a escassez atual de projetos de desenvolvimento de ferramentas com AR para turismo, tanto no mercado quanto no meio acadêmico, e dando ênfase aos benefícios de usabilidade que ela proporciona aos turistas, recomenda-se que mais iniciativas nessa direção sejam implementadas. Em relação a este projeto, há a necessidade de continuar aprimorando-o e escalando-o, atendendo às melhorias citadas pelos participantes e buscando novas possibilidades de melhorias para a experiência do usuário.

Notou-se, por exemplo, que a maior limitação encontrada no desenvolvimento deste trabalho foi a impossibilidade momentânea de integração entre a tecnologia de *cloud anchors* e o aplicativo Gnomon para experiências de realidade aumentada em ambientes internos. A resolução desse problema já pode representar um próximo passo para a continuidade deste trabalho.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- _____. Anuário Estatístico de Turismo 2022. Ano Base 2021. Disponível em: <<https://www.gov.br/turismo/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/observatorio/anuario-estatistico>>. Acesso em: 13 jul. 2023.
- Adom, Alex Yaw et al. Competitor Analysis in Strategic Management: Is it a Worthwhile Managerial Practice in Contemporary Times? *Journal of Resources Development and Management*, Vol.24, 2016
- Aggarwal, Riya; Singhal, Abhishek; Augmented Reality and its effect on our life. 9th International Conference on Cloud Computing, Data Science & Engineering (Confluence), 27(1), pp. 510 - 515. ISBN: 978-1-5386-5933-5. 2019.
- Ahmad, Tanwir; Iqbal, Junaid; Ashraf, Adnan; Truscan, Dragos; Porres, Ivan. Model-based testing using UML activity diagrams: A systematic mapping study. *Computer Science Review*. [S. l.]: Elsevier BV, ago. 2019. DOI 10.1016/j.cosrev.2019.07.001. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cosrev.2019.07.001>.
- Azuma R. T. 1997. A Survey of Augmented Reality. In *Proceedings of the PRESENCE: Teleoperators and Virtual Environments* 6, 4(August), 355–385.
- Cibilić, Iva; Poslončec-Petrić, Vesna; Tominić, Kristina. Implementing Augmented reality in Tourism. *Proceedings of the ICA*. [S. l.]: Copernicus GmbH, 3 dez. 2021. DOI 10.5194/ica-proc-4-21-2021. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5194/ica-proc-4-21-2021>.
- Charters, E. 2003. The Use of Think-aloud Methods in Qualitative Research An Introduction to Think-aloud Methods. *Brock Education Journal*, 12(2).
- Gondim, Ruan dos Santos. MECANISMO DE RECOMENDAÇÃO PERSONALIZADA DE ROTAS UTILIZANDO ALGORITMOS GENÉTICOS NO CONTEXTO DO TURISMO 4.0. Orientador: Prof. Dr. Francisco Milton Mendes Neto. 2022. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação - associação ampla entre a Universidade do Estado do Rio Grande do Norte e a Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró-RN, Brasil, 2022.
- Gretzel, U., Sigala, M., Xiang, Z., y Koo, C. 2015. Smart tourism: foundations and developments. *Electronic Markets*, 25(3), 179–188.
- Höllerer, T. H., & Feiner, S. K. 2004. Mobile Augmented Reality, In K. H & H. A (Eds.), *Telegeoinformatics: Location-Based Computing Servicesmputing Services*, 1–39, Taylor & Francis Books Ltd.
- Kalandarovna, A. G., Tashtemirovich, A. O., Bakhodirovich, G. S., Bakhramovna, I. A. TOURISM 4.0: OPPORTUNITIES FOR APPLYING INDUSTRY 4.0 TECHNOLOGIES IN TOURISM. *Proceedings of the 6th International Conference on Future Networks & Distributed Systems*. [S. l.]: ACM, 15 dez. 2022. DOI 10.1145/3584202.3584208. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1145/3584202.3584208>.
- Kounavis, Chris D.; Kasimati, Anna E.; Zamani, Efpraxia D. Enhancing the Tourism Experience through Mobile Augmented Reality: Challenges and Prospects. *International Journal of Engineering Business Management*. [S. l.]: SAGE Publications, 1 jan. 2012. DOI 10.5772/51644. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5772/51644>.
- Magnuson, Jonas. Application and evaluation of augmented reality technology to increase tourist engagement. Orientador: Dr. Yan Hu. 2022. Dissertação (Mestrado) - Faculty of Computing, Blekinge Institute of Technology, 371 79 Karlskrona, Sweden, 2022.
- Pendit, Ulka Chandini & Zaibon, Syamsul & Abubakar, Juliana. (2014). Mobile Augmented Reality for Enjoyable Informal Learning in Cultural Heritage Site. *International Journal of Computer Applications*. 92. 19-26. 10.5120/16077-5286.
- Perinotto, André Riani Costa; Siqueira, Raquel Alberto de. As Novas Tendências do Marketing Digital para o Setor Turístico. *Revista Turismo: estudos e práticas*, v. 7, n. 2, 2018.
- Rojas-Berrio, Sandra Patricia; Rincón-Novoa, Jeisson Leonardo; Montoya-Restrepo, Luz Alexandra. Visiones de los actores de la triple hélice para el turismo inteligente. *NOVUM*, v. 1, n. 10, p. 147-165, 2020.