



NOVA
NOVA SCHOOL OF
SCIENCE & TECHNOLOGY

DEPARTAMENTO DE
INFORMÁTICA

BIANCA LETÍCIA ALBUQUERQUE MARQUES
Licenciada em Ciências e Engenharia Informática

INTERFACES COLABORATIVAS PARA INTERAÇÃO EM REALIDADE AUMENTADA

MESTRADO EM ENGENHARIA INFORMÁTICA

Universidade NOVA de Lisboa
<setembro>, <2021>



INTERFACES COLABORATIVAS PARA INTERAÇÃO EM REALIDADE AUMENTADA

BIANCA LETÍCIA ALBUQUERQUE MARQUES

Licenciada em Ciências e Engenharia Informática

Orientador: Rui Nóbrega

Professor Auxiliar, Universidade NOVA de Lisboa

Coorientadora: Carmen Pires Morgado

Professora Auxiliar, Universidade NOVA de Lisboa

Júri

Presidente: Paulo Orlando Reis Afonso Lopes

Professor Auxiliar, FCT-NOVA

Arguente: Anabela Marto

Professora Adjunta, Politécnico de Leiria

Vogais: Rui Nóbrega

Professor Auxiliar, FCT-NOVA

Carmen Pires Morgado

Professora Auxiliar, FCT-NOVA

Interfaces Colaborativas para Interação em Realidade Aumentada

Copyright © Bianca Letícia Albuquerque Marques, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade NOVA de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade NOVA de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

À minha família e amigos

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer ao meu orientador, Rui Nóbrega e à minha coorientadora, Carmen Morgado por toda a ajuda e disponibilidade e, pelas reuniões e críticas construtivas que me deram desde o princípio desta jornada. O desenvolvimento da dissertação sobre a vossa orientação foi uma experiência bastante gratificante. Um muito obrigado, novamente.

Obrigado à Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade NOVA de Lisboa pela formação e pela disponibilização deste *template* [1] e um especial obrigado ao Departamento de Informática por fornecer os recursos necessários para a realização do estudo de utilizadores desta dissertação.

A todos os meus amigos e colegas que me acompanharam nesta etapa, que me apoiaram e motivaram nos bons e maus momentos e por se disponibilizarem para participar nos estudos de utilizador.

Ao meu namorado, David, pelo amor, disponibilidade e paciência no momento mais importante da minha vida académica.

E por último, mas muito especial, à minha família, principalmente aos meus pais, irmã e sobrinhos. Muito obrigada por serem um pilar na minha vida, por todo o apoio e amor incondicional que me deram desde que pus o primeiro pé na faculdade. O meu sucesso, o dou a todos vocês, um obrigado do fundo do coração.

*“Surround yourself with people who challenge you, teach you,
and push you to be your best self.” (Bill Gates)*

RESUMO

A Realidade Aumentada (*Augmented Reality* (AR)) (RA) é uma tecnologia que permite a sobreposição de elementos virtuais visuais no mundo real do utilizador. Assim, tira partido de características do mundo real para permitir interações naturais, típicas do dia a dia, misturando o real e o virtual. A partilha do espaço físico pelos vários utilizadores pode fomentar essas interações naturais e melhorar a visualização das informações e consequentemente melhora a eficiência na execução de tarefas.

A interação com o ambiente físico e com os diversos utilizadores é fulcral para fomentar uma experiência colaborativa. Para tal, o objetivo desta dissertação consiste no desenvolvimento de um modelo de criação de aplicações baseado num ponto central representado por um marcador de Realidade Aumentada em que vários utilizadores podem captar a atenção e interagir com um avatar virtual. Para tal, foi implementado um protótipo em que a interface é adaptada para diferentes modos de jogo, com diversos desafios, proporcionando uma interação móvel colaborativa. Assim, os utilizadores irão permanecer no mesmo espaço físico e as suas interações com o sistema serão sincronizadas, em tempo real, para viabilizar a uma interação mais natural. O sistema tem o intuito de fomentar várias interações em grupo com o avatar virtual, podendo realizar várias tarefas de componentes lúdicas e didáticas. Com esta tese serão explorados os ambientes em RA, num contexto colaborativo utilizando interações entre vários utilizadores e o ambiente envolvente.

A aplicação concebida foi submetida a várias etapas de validação com o uso de testes e casos de estudo com utilizadores reais. Os testes visaram o estudo do impacto da Realidade Aumentada em espaços físicos colaborativos, das interações com múltiplos utilizadores na disputa de atenção do avatar virtual e por último, da facilidade e do benefício de interações humanas colaborativas no uso de aplicações em RA.

Palavras-chave: Realidade Aumentada, Colaboração (CSCW), Interação Pessoa-Máquina, Avatar Virtual

ABSTRACT

Augmented Reality is a technology that allows the overlap of virtual elements in the user's real world. Thus, it takes advantage of features of the real world to allow natural interactions, typical of daily life, mixing the real and virtual. Various users sharing the same physical space can encourage these natural interactions and improve the visualization of information and consequently, improves efficiency in performing tasks.

Interaction with the physical environment and with multiple users is crucial to foster a collaborative experience. For that, the goal of this dissertation consists in developing an application programming interface based on a central point represented by an AR marker where several users can capture the attention and interact with a virtual avatar. For this purpose, was implemented a prototype adapted to different game modes, with different challenges, providing a collaborative mobile interaction. Thus, users will remain in the same physical space and their interactions with the system will be synchronized, in real time, to enable a more natural interaction. The system is intended to foster various group interactions with the virtual avatar, being able to perform various tasks of playful and educational components. With this thesis, AR environments will be explored in a collaborative context and interactions between various users and the surrounding environment.

The application designed has undergone several validation steps using tests and case studies with real users. The tests aimed to study the impact of Augmented Reality in collaborative physical spaces, interactions with multiple users in the dispute for attention of the virtual avatar, and finally, the ease and benefit of collaborative human interactions when using AR applications.

Keywords: Augmented Reality, Collaboration (CSCW), Human-Computer Interaction, Virtual Avatar

ÍNDICE

Índice de Figuras	xii
Índice de Tabelas	xv
Índice de Listagens	xvi
Siglas	xvii
1 Introdução	1
1.1 Contexto e Motivação	2
1.2 Perguntas de Investigação	2
1.3 Objetivos	3
1.4 Solução	4
1.5 Principais Contribuições	4
1.6 Estrutura do documento	5
2 Estado da Arte	7
2.1 Realidade Aumentada	7
2.1.1 Detecção e Rastreamento	8
2.1.2 Interfaces Tangíveis	11
2.1.3 Interfaces em Dispositivos Móveis	12
2.1.4 Interfaces de Realidade Mista	13
2.2 Interação em Realidade Aumentada	15
2.2.1 Entretenimento e Comércio/Marketing	15
2.2.2 Museus e Herança Cultural	17
2.2.3 Educação e Formação	18
2.2.4 Jogos Sérios	20
2.3 Colaboração em Realidade Aumentada	21
2.3.1 Colaboração Presencial	22
2.3.2 Colaboração Remota	23

2.4	Tecnologias	25
2.4.1	<i>Game Engines</i>	25
2.4.2	<i>Networking Libraries</i>	25
2.4.3	<i>AR Frameworks</i>	26
2.5	Sumário	27
3	Sistema de Interação e Colaboração em RA	29
3.1	Descrição geral	29
3.2	Considerações e Requisitos	30
3.3	Arquitetura Inicial do Sistema	31
3.4	Design do Sistema	32
3.4.1	Interação	32
3.4.2	Narrativa e Modos de Jogo	34
3.4.3	Colaboração	36
3.5	Design de Interface	37
3.6	Sumário	39
4	Implementação	41
4.1	Arquitetura Implementada	41
4.2	Tecnologias e Ferramentas Usadas	43
4.3	Narrativa e Caso de Estudo	45
4.4	Interface do Utilizador	49
4.5	Partilha de ambiente físico pelos vários utilizadores	53
4.6	Interações em RA com o avatar virtual	59
4.6.1	Ações curtas	60
4.6.2	Ações longas	63
4.7	Ficheiro de configuração	69
4.8	Sumário	70
5	Avaliação	71
5.1	Protocolo de Avaliação	71
5.2	Dados Recolhidos	74
5.2.1	Estrutura dos Testes	74
5.2.2	Questionário de Usabilidade	75
5.2.3	Notas Retiradas durante os Testes	75
5.3	Resultados e Análise dos Estudos do Utilizador	76
5.3.1	Caraterização dos utilizadores e dispositivos	77
5.3.2	Estudo A - descobrir comandos para interação com avatar (E.A)	78
5.3.3	Estudo B - realizar tutorial e interagir com o avatar para completar a missão (E.B)	82
5.3.4	Estudo C (E.C) - interagir com o avatar virtual em grupo usando ações curtas (E.C)	85

5.3.5	Estudo D - interagir com o avatar virtual em grupo com ações curtas e longas (E.D)	85
5.3.6	Usabilidade do Sistema	88
5.3.7	Discussão	90
6	Conclusões	93
6.1	Trabalho Futuro	94
	Bibliografia	95
	Apêndices	
A	Questionários de Utilizadores	99
B	Documento do Consentimento	113

ÍNDICE DE FIGURAS

1.1	Pistas visuais do sistema quando existe uma interação simples com o avatar.	5
2.1	Alguns exemplos de aplicações em Realidade Aumentada [5].	8
2.2	(a) Marcador de RA; (b) Caneca virtual sobreposta usando rastreamento para determinar a posição e a orientação [8].	9
2.3	Rastreamento do objeto com o algoritmo SURF [13].	10
2.4	O utilizador coloca o marcador no mapa real e um terreno virtual 3D é apresentado nessa localização [16].	11
2.5	<i>Continuum</i> da realidade e virtualidade de Milgram [18].	14
2.6	Uso do MagicBook [20] para mover entre a realidade (a), a realidade aumentada (b) e a realidade virtual (c).	14
2.7	Banco do IKEA no ambiente do utilizador.	16
2.8	Jogo de RA: Pokémon GO.	16
2.9	Imagens da aplicação BBC Civilisations AR.	17
2.10	Aplicação de museu Speaking Celt [25].	18
2.11	Modelo virtual do coração [29].	19
2.12	Shelf Stack: cada objeto virtual é representado por um objeto físico [8].	20
2.13	Jogo "2) Começa com...". O objetivo é formar corretamente a palavra TROM-PETA dado 3 possibilidades para a primeira letra [31].	21
2.14	Interface colaborativa em RA [33].	22
2.15	CoVAR: sistema de colaboração remota em RA e RV [34].	24
3.1	Arquitetura inicial do sistema.	32
3.2	Marcadores de RA do sistema.	35
3.3	<i>Mockup</i> inicial para o sistema.	38
4.1	Arquitetura do sistema.	42
4.2	Carta inicial com a narrativa do sistema.	45
4.3	Opções de personagens principais para o sistema.	46
4.4	Personagens finais do sistema.	47

4.5	Exemplo do avatar virtual a guiar o utilizador através de mensagens.	48
4.6	Marcadores de RA utilizados no sistema no início do desenvolvimento. . .	49
4.7	Exemplos de ícones no sistema.	52
4.8	Composição das mensagens de ações do tutorial.	52
4.9	Exemplo do ecrã do utilizador enquanto o sistema não deteta o marcador. .	53
4.10	Mensagens relevantes com o identificador do utilizador.	56
4.11	Disposição dos marcadores ou marcas de RA do sistema numa mesa. . . .	59
4.12	Tipos de toques no ecrã.	60
4.13	Ações curtas implementadas no sistema.	61
4.14	Ecrã inicial do Modo Surpresa. No lado direito está o menu dá acesso aos minijogos.	63
4.15	Mensagem apresentada quando os marcadores estão próximos e ambos são detetados pelo dispositivo.	64
4.16	Minijogo de Objetos Escondidos.	64
4.17	Perguntas e estados possíveis do cenário do minijogo.	66
4.18	Efeito janela RA no Unity.	67
4.19	Exemplo do ecrã inicial (após o discurso) para o minijogo. O espaço no centro indica o número de letras a descobrir.	68
4.20	Estados para quando o utilizador clica numa letra.	68
5.1	Resultados da distribuição das idades dos participantes.	77
5.2	Resultados da distribuição dos géneros dos participantes.	78
5.3	Resultados da distribuição dos dispositivos para jogar videojogos.	79
5.4	Resultados na escala de Likert para à pergunta com opções de escolha "Caso tenha selecionado telemóvel na pergunta anterior, qual é a frequência que costuma jogar nesse dispositivo?"(1-Raramente a 5-Muitas vezes).	79
5.5	Resultados da distribuição do contacto dos participantes com sistemas RA.	79
5.6	Resultados da distribuição do contacto dos participantes com sistemas RA em museus.	79
5.7	Resultados das anotações do histórico de ações na segunda tarefa do E.A. . .	81
5.8	Resultados obtidos na escala Likert para a pergunta "A funcionalidade X foi difícil de executar (1-Discordo Totalmente a 5-Concordo Totalmente). Mais resultados na Tabela 5.4 para as anotações de A3 a A8.	82
5.9	Resultados das anotações do histórico de ações realizadas na segunda tarefa do E.B.	84
5.10	Resultados de ações não realizadas por pessoa na segunda tarefa do E.B. . .	84
5.11	Resultados das anotações do histórico de ações do E.C.	86
5.12	Resultados das classificações do melhor minijogo para o pior minijogo do E.D.	87
5.13	Resultados das anotações do histórico de ações do E.D.	88

5.14 Escalas de classificação do SUS, segundo os autores Bangor, Kortum e Miller [36].	90
--	----

ÍNDICE DE TABELAS

2.1	Comparação de algumas características das tecnologias que proporcionam experiências em RA.	28
3.1	Tipos de ações curtas e longas que um utilizador pode utilizar para interagir com o sistema.	33
3.2	Relação entre as ações e os pontos ganhos.	37
5.1	Dados recolhidos em cada teste.	76
5.2	Dados recolhidos nos minijogos do teste E.D.	77
5.3	Tabela com os dispositivos utilizados pelos participantes durante o estudo.	78
5.4	Resultados na escala de Likert para o questionário após o E.A. Utilizadores só respondem se descobrirem a ação.	80
5.5	Resultados na escala de Likert para o questionário após a primeira tarefa do E.B.	83
5.6	Resultados na escala de Likert para o questionário após a segunda tarefa do E.B.	83
5.7	Resultados na escala de Likert para o questionário do teste E.C.	85
5.8	Resultados na escala de Likert para o questionário de cada minijogo do E.D.	87
5.9	Resultados estatísticos do SUS individual.	89
5.10	Resultados estatísticos às questões de usabilidade específicas do sistema.	89

ÍNDICE DE LISTAGENS

4.1	Criação de uma ou múltiplas salas virtuais.	54
4.2	Chamada de um método RPC do objeto de rede em todos os clientes da sala.	55
4.3	Todos os clientes executam este método RPC apenas no objeto de rede com o identificador photonView da Listagem 4.2.	55
4.4	Classe Singleton que não é destruída pelo Unity.	57
4.5	Rotação da câmara em relação ao utilizador.	58
4.6	Conversão desse excerto de JSON para texto legível.	69
4.7	Exemplo de um pedaço de texto no ficheiro JSON.	69

SIGLAS

AV	<i>Augmented Virtuality</i> (Virtualidade aumentada)
CSCW	<i>Computer Supported Cooperative Work</i> (Trabalho colaborativo auxiliado por computador)
GPS	<i>Global Positioning System</i> (Sistema de posicionamento global)
HMDs	<i>Head-mounted displays</i>
IMU	<i>Inertial measurement unit</i> (Unidade de medição inercial)
JSON	<i>JavaScript Object Notation</i>
MAR	<i>Mobile Augmented Reality</i> (Realidade Aumentada Móvel)
PDA's	<i>Personal digital assistants</i>
RA	Realidade Aumentada (<i>Augmented Reality</i> (AR))
RM	Realidade Mista
RPC	<i>Remote Procedure Call</i> (Chamada de Procedimento Remoto)
RV	Realidade Virtual (<i>Virtual Reality</i> (VR))
SLAM	<i>Simultaneous Localization and Mapping</i> (Localização e Mapeamento Simultâneos)
TUI	<i>Tangible User Interface</i> (Interfaces Tangíveis)
UI	<i>User Interfaces</i> (Interfaces do utilizador)
UMPC	<i>Ultra mobile PC</i>

SIGLAS

VE *Virtual Environment* (Ambiente virtual)

INTRODUÇÃO

A interação e a partilha de informação é considerada uma necessidade humana e acontece no nosso dia a dia, por exemplo na partilha de fotos nas redes sociais como o Instagram¹, Facebook² e Twitter³ ou em conversas presenciais. No entanto, as redes sociais e aplicações móveis vivem num mundo virtual e não beneficiam da interação humana direta. Uma maneira de contornar isto é usando Realidade Aumentada que oferece uma experiência virtual no mundo real do utilizador.

As tarefas mais simples podem beneficiar do uso de Realidade Aumentada. Esta tecnologia permite aos utilizadores visualizarem e interagirem, em tempo real, com objetos virtuais sobrepostos no mundo real [2]. A combinação da RA com sistemas colaborativos poderá oferecer experiências únicas aos utilizadores e promover diferentes tipos de interações ao disponibilizar informação virtual no ambiente real dos utilizadores.

A Realidade Aumentada está em crescimento em diversas áreas como a medicina, entretenimento, educação e formação, marketing, manutenção, cultura e comércio. As áreas focadas foram a cultura e eventos culturais, mais propriamente os museus e o entretenimento. Estas áreas beneficiam do uso de RA, existindo diversas aplicações que são utilizadas dentro dos museus, na rua ou em casa do utilizador, como por exemplo a aplicação BBC Civilisations AR⁴ ou o Pokémon GO⁵. Para além disso, a disponibilização de diversos *kits* de desenvolvimento de *software* como o ARCore da Google⁶, o ARKit da Apple⁷ e o Vuforia⁸ permitiram que a criação de aplicações para o grande público sejam realizadas com uma maior facilidade.

¹Instagram, <https://www.instagram.com>, último acesso set, 2021

²Facebook, <https://www.facebook.com>, último acesso set, 2021

³Twitter, <https://twitter.com>, último acesso set, 2021

⁴BBC Civilisations AR, <https://www.bbc.co.uk/taster/pilots/civilisations-ar>, último acesso set, 2021

⁵Pokémon GO, <https://pokemongolive.com/en/>, último acesso set, 2021

⁶ARCore, <https://developers.google.com/ar>, último acesso set, 2021

⁷ARKit, <https://developer.apple.com/augmented-reality/arkit>, último acesso set, 2021

⁸Vuforia, <https://developer.vuforia.com>, último acesso set, 2021

1.1 Contexto e Motivação

O *Computer Supported Cooperative Work* (Trabalho colaborativo auxiliado por computador) (CSCW) é uma área que estuda as interações de vários utilizadores com um computador aquando a partilha e troca de informações [3]. Os avanços tecnológicos no hardware e no software permitiram a criação de novas interfaces para atividades de grupo que contribuem para o CSCW. Este pode beneficiar com o uso de interfaces baseadas em RA ao procurar fornecer formas mais intuitivas de interação.

A Realidade Aumentada permite a interação com objetos virtuais sobrepostos no mundo real do utilizador. As interações são benéficas para melhorar a utilização de sistemas de RA pelos utilizadores, quer através de gestos quer através da comunicação verbal. Estas interações são enaltecidas em comparação com as interações realizadas por um computador [4] e são bastante importantes para a interação em grupo. Ambientes com Realidade Aumentada colaborativa presencial oferecem pistas relativamente ao ambiente e quanto aos outros colaboradores através de três dos cinco sentidos, a visão, tacto e audição. Isto falha um pouco em ambientes de colaboração remota, pois estas pistas perdem-se um pouco. O rápido crescimento da tecnologia proporciona a oportunidade ideal para aprofundar o estudo dos métodos de interação em tarefas colaborativas presenciais no campo da Realidade Aumentada focando as áreas da cultura, eventos culturais e entretenimento.

Atualmente, existem diversas aplicações em RA que oferecem componentes didáticas e lúdicas em múltiplas áreas como referido na Introdução (Capítulo 1). Contudo, num sistema que usa RA existem diversas formas de interagir, como por exemplo utilizar objetos reais ou vários marcadores e assim, há uma oportunidade de estudar essas formas de interagir com o sistema e com os restantes utilizadores. Através da realização de simples interações no sistema pelo utilizador, desencadeiam trocas visíveis de informações centradas numa componente didática, o avatar virtual. Essas interações são estudadas combinando a disputa e captação da atenção do avatar simultaneamente por vários utilizadores com a colaboração presencial. Um fator importante a ter em atenção na implementação de aplicações em Realidade Aumentada em dispositivos móveis, é a importância de apresentar uma solução que mantenha o desempenho e consumo com níveis de computação mais exigentes como o caso da sincronização de dados entre os vários utilizadores.

1.2 Perguntas de Investigação

As perguntas de investigação são definidas abaixo de forma a serem um guia para o trabalho de investigação, a primeira é mais geral enquanto que as restantes são mais específicas ao tema.

1. Qual é o impacto de usar Realidade Aumentada colaborativa no mesmo espaço físico?

A Realidade Aumentada é uma tecnologia que já provou melhorar a performance de tarefas quer em contexto individual quer em contexto colaborativo [4]. O objetivo é compreender se esta afirmação é comprovada num contexto colaborativo quando os utilizadores têm diferentes maneiras de interagir com a interface. O comportamento e a opinião dos utilizadores proporcionam uma forma de verificar a eficiência e a usabilidade do sistema. Também permite compreender o tipo de experiência oferecida ao utilizador quando existem diferentes componentes visuais e auditivas.

- 1.1 Quais os métodos de interação mais benéficos numa tarefa colaborativa em RA?
- 1.2 Como é a interação com uma personagem virtual quando esta tem de dar atenção a vários utilizadores simultaneamente?
- 1.3 Como é a interação com a personagem virtual nos diferentes modos de um jogo?

As questões 1.1, 1.2 e 1.3 estão interligadas com o objetivo de entender se as tarefas são facilitadas com o uso de RA e se os métodos propostos e implementados foram benéficos na interação com o avatar virtual nos diferentes modos de jogo propostos. Além disso, é importante analisar as diferentes maneiras de interação quando os utilizadores executam ações para disputar a atenção do avatar e para manter a experiência colaborativa entre os vários utilizadores.

1.3 Objetivos

Os objetivos abaixo estão relacionados com as perguntas de investigação e são:

- Verificar a interação e usabilidade da RA num ambiente colaborativo usando um dispositivo móvel.
- Analisar e comparar em ambiente real a interação em RA com vários utilizadores.
- Analisar a interação colaborativa em RA com uma personagem virtual.
- Analisar os diferentes tipos de interação e verificar quais são os mais benéficos em termos de dinamismo, usabilidade e emocionalidade.
- Analisar as interações em RA num ambiente colaborativo em diferentes modos de jogo com uma personagem virtual e verificar se os utilizadores percebem que estão a disputar a atenção do avatar.

O primeiro objetivo está ligado à primeira pergunta de investigação, onde a interação e usabilidade da RA são importantes para compreender o impacto no trabalho colaborativo. Quanto ao segundo objetivo, é necessário para compreender se a colaboração é melhorada usando a RA quando comparada com técnicas que não usam RA. Relativamente aos

últimos objetivos, estão relacionados com as questões mais específicas de investigação e têm como finalidade compreender quais os mecanismos de interação mais fáceis e benéficos de utilizar quando vários utilizadores disputam a atenção da personagem virtual em diferentes modos de um jogo.

1.4 Solução

A solução foi criar um modelo de criação de aplicações de RA colaborativas. Usando este modelo foi criado um protótipo que usa um marcador de RA e permite a interação e captação de atenção de um avatar virtual por vários utilizadores a partilhar o mesmo espaço físico. A interação pode ser simples ou ser longa com várias mini tarefas. Cada interação executada por cada utilizador produz a visualização e audição de informação no ecrã e no conteúdo virtual, mais propriamente, no avatar virtual. Essa informação que é transmitida a todos os utilizadores presentes na mesma sala física, em tempo real, permite fornecer *feedback* relativo aos utilizadores e assim abrir uma porta para a comunicação entre os utilizadores. Estas pistas visuais são observadas na Figura 1.1 onde os utilizadores interagem no mesmo espaço físico e com um avatar virtual.

Para exemplificar o sistema foi criado um jogo com diferentes modos. O primeiro é focado numa narrativa e o outro é focado na captação de atenção do avatar. O modo de jogo com narrativa pode ser dividido em dois, onde ambos têm um objetivo principal comum. O primeiro é focado na captação da atenção do avatar e o segundo é focado nas interações simples e longas com o avatar virtual. A narrativa proporciona um ambiente que o utilizador consegue controlar, criando uma ligação com o enredo tornando-o mais imersivo. O fluxo da história permite que o utilizador tenha uma missão para cumprir ao executar várias ações e ir ganhando pontos. Todas as informações são sincronizadas e visíveis por todos os utilizadores ao mesmo tempo, inclusive o sistema de pontos. O avatar virtual e o ambiente virtual são representados num marcador harmonizado com o tema da história. Esta desenrola-se numa cave, portanto o marcador foi construído com o intuito de ser semelhante ou algo que retrate este contexto.

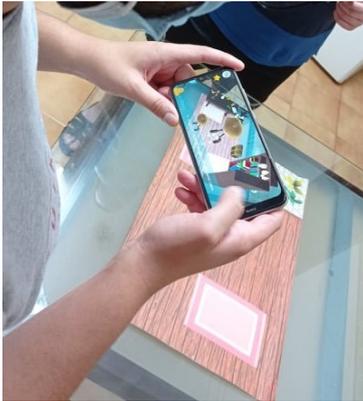
O sistema pode ser usado individualmente, mas o objetivo é que o mesmo seja usado em grupo. A solução é apresentada no Capítulo 3 mais detalhadamente abordando tópicos como a arquitetura, requisitos, explicação da narrativa, entre outros.

1.5 Principais Contribuições

As principais contribuições desta dissertação são:

- **Estudo de diferentes formas de como mapear ações em RA colaborativa**

São aplicadas técnicas de sincronização de dados em grupo combinadas com as técnicas de Realidade Aumentada. Os utilizadores interagem no mesmo espaço físico permitindo a partilha de informação presencial e também a sincronização de dados



(a) Dois utilizadores a interagirem com o sistema.



(b) Exemplo do que o utilizador visualiza.

Figura 1.1: Pistas visuais do sistema quando existe uma interação simples com o avatar.

online, por parte do servidor, para todos os dispositivos móveis dos utilizadores sempre que estes executam uma ação na interface do sistema.

- **Implementação de Caso de estudo baseado num jogo**

Para o caso de estudo foi implementada uma aplicação orientada por um modelo usando uma plataforma para desenvolver a aplicação de RA combinada com um motor de jogo e de rede. O objetivo foi desenvolver uma aplicação que use marcadores, monitorizando em tempo real e sincronizando ações e animações do avatar virtual.

- **Sistema de configuração**

A narrativa da aplicação pode ser alterada usando um ficheiro *JavaScript Object Notation (JSON)* que pode ser modificado por qualquer utilizador, mesmo sem grandes conhecimentos de programação.

- **Avaliação do modelo com utilizadores reais e testes de validação do sistema**

Após a criação do modelo foram efetuados testes quantitativos e qualitativos de forma a retirar conclusões relativamente às perguntas de investigação e diretivas para trabalho futuro. Dentro das diretivas é destacada a sugestão de técnicas de interação mais adequadas para cada ação podendo ser úteis para futuros projetos semelhantes. Os testes e os resultados estão detalhados no Capítulo 5.

1.6 Estrutura do documento

O documento organiza-se da seguinte forma:

- O primeiro capítulo, a **Introdução**, apresenta a motivação e os objetivos para a realização desta dissertação. Também é fornecido algum contexto como base para os seguintes capítulos.

- O segundo capítulo, o **Estado da Arte** que tem como foco, a Realidade Aumentada, a Colaboração em RA e alguns trabalhos de interação em RA nas diversas áreas e, algumas tecnologias que permitem desenvolver experiências em RA. Mais concretamente, serão abordados os tipos de rastreamento, os tipos de interfaces da Realidade Aumentada e alguns exemplos de aplicações existentes. Entre outros tópicos relacionados com Realidade Aumentada são analisados os tipos de colaboração em grupo em RA, a remota e presencial.
- O terceiro capítulo, o **Sistema de Interação e Colaboração em RA** apresenta a arquitetura do sistema, bem como considerações e requisitos da solução. Esta também é detalhada, incluindo os tipos de ações, a narrativa do sistema e informações importantes na colaboração. Por último, são indicadas diretrizes na criação da interface.
- O quarto capítulo, a **Implementação** apresenta como o sistema foi implementado para responder às perguntas de investigação. São exploradas as decisões de implementação e detalhes importantes para este sistema.
- O quinto capítulo, a **Avaliação** apresenta os testes de utilizador usados para avaliar este sistema. Os resultados são discutidos para responder às perguntas de investigação.
- O sexto capítulo, as **Conclusões** apresentam as conclusões finais deste sistema após a análise dos resultados. Por fim, são apresentados trabalhos futuros que poderiam ser interessantes.

ESTADO DA ARTE

Neste capítulo serão abordados os trabalhos e conceitos necessários à criação da solução. Primeiro são analisadas algumas interfaces criadas com base em RA fornecendo exemplos, problemas e soluções destas interfaces. De seguida, são apresentadas algumas áreas onde a tecnologia de RA é utilizada, como por exemplo a área do entretenimento com a conhecida aplicação do Pokémon GO¹. Nesta dissertação é focado o trabalho em grupo, por isso, neste capítulo, também é retratada a colaboração em RA presencial e remota e, semelhante às interfaces de RA são apresentados problemas e soluções aos vários tipos de colaboração. Por fim, são apresentadas várias tecnologias que permitem a criação de um sistema em RA, passando pelo uso de um *game engine*, uma *networking library* e uma *AR framework*.

2.1 Realidade Aumentada

A Realidade Aumentada permite que o utilizador visualize o mundo real com a sobreposição de objetos virtuais no ambiente envolvente. Além disso, melhora a percepção do utilizador e a sua interação com o mundo real. As informações obtidas dos objetos virtuais ajudam o utilizador no desempenho de tarefas [2], podendo explorar mais sentidos e não só a visão. As experiências em RA aumentaram com os avanços das tecnologias que potencializou ferramentas que permitem o desenvolvimento de aplicações por não programadores [5].

Os sistemas de RA têm três características principais [2]:

1. Combinam o real com o virtual.
2. Interação em tempo real.
3. Detecção e Rastreamento em 3D.

Nesta secção, serão apresentados alguns tipos de interfaces de Realidade Aumentada, alguns exemplos da interação da Realidade Aumentada nas diversas áreas como entretenimento, museus, medicina, entre outras. Por exemplo, uma pessoa pode lutar contra

¹Pokémon GO, <https://pokemongolive.com/en/>, último acesso set, 2021



Figura 2.1: Alguns exemplos de aplicações em Realidade Aumentada [5].

monstros virtuais no mundo real (Ver Figura 2.1(a)) ou visualizar uma estrutura (Ver Figura 2.1(b)) ou os médicos podem usar a RA para mostrar dados médicos do corpo do paciente (Ver Figura 2.1(c)). Por último, são explorados os tipos de colaboração nesta tecnologia e quais são as ferramentas que são utilizadas para proporcionar experiências em RA.

2.1.1 Detecção e Rastreamento

O rastreamento é um processo que rastreia o ambiente e a posição de objetos virtuais e físicos.

Segundo Nóbrega et al. existem duas técnicas principais para RA [6]:

- Exterior. Utiliza coordenadas do *Global Positioning System* (Sistema de posicionamento global) (GPS) para localização e *Inertial measurement unit* (Unidade de medição inercial) (IMU) para associar o conteúdo virtual numa posição fixa. Adequado para turismo ou exploração no exterior.
- Interior. Utiliza marcadores (visíveis ou disfarçados como uma imagem comum) para ativar e fornecer um ponto de referência para o conteúdo de RA. Adequado para museus ou para apresentar detalhes de herança cultural.

Por outras palavras, existe o rastreamento baseado em marcadores que usa marcadores fiduciais ou imagens (Figura 2.2) e existe o rastreamento sem marcadores que apresenta alternativas ao uso de marcadores (exemplos na Figura 2.1).

Rastreamento baseado em marcadores

Rastreamento baseado em marcadores como referido acima, usa marcadores fiduciais ou imagens. Por fiducial entende-se que tem uma geometria e propriedades predefinidas como a forma, tamanho e cor, de forma a serem facilmente identificáveis [7].

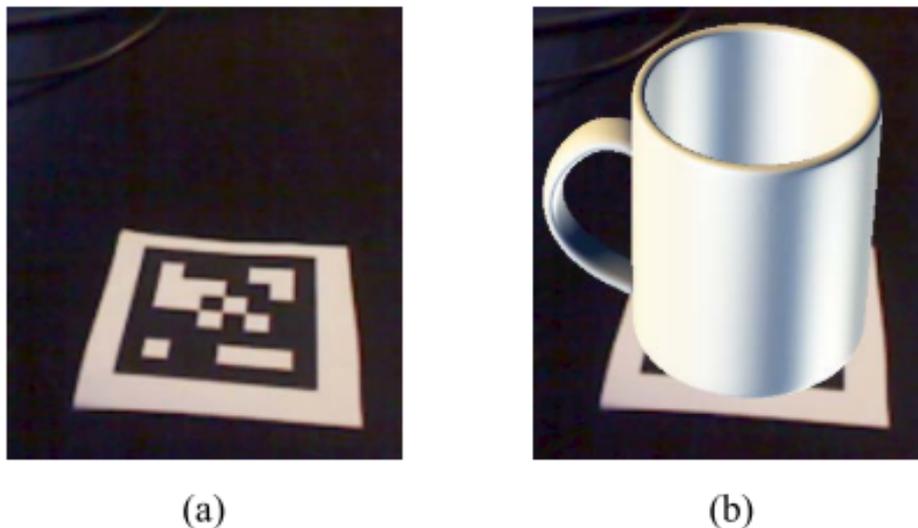


Figura 2.2: (a) Marcador de RA; (b) Caneca virtual sobreposta usando rastreamento para determinar a posição e a orientação [8].

Atualmente, existem várias bibliotecas *open-source* que oferecem rastreamento baseado em marcadores, como o ARToolKit², ARToolKitPlus³ e ARTag. O ARToolKit tornou-se numa das bibliotecas mais usadas devido à sua facilidade de criação de aplicações para investigadores e programadores. Também permitiu resolver dois problemas, o rastreamento do ponto de vista do utilizador e a possibilidade da interação com objetos do mundo real [5] importantes para o rastreamento em RA. O processo de rastreamento desta biblioteca começava por identificar o marcador, seguido do cálculo da posição e da orientação do marcador relativo à câmara. Depois a posição e a orientação dos objetos virtuais eram alinhadas com o marcador para serem renderizados [5].

Um marcador é um sinal, como um QR Code, que pode ser detetado usando técnicas de processamento de imagem (uso de algoritmos de deteção de características), como por exemplo o SIFT [5]. Os marcadores ficam anexados a objetos reais que permitem ao sistema, através da câmara, rastrear a posição e a orientação de cada objeto à medida que é movido [8] como observado na Figura 2.2. Num ambiente desconhecido, computar a posição à medida que vai coletando os dados torna-se difícil. Com um marcador simples de detetar, o processo torna-se mais fácil.

Contudo este método de rastreamento é apenas adequado para aplicações em ambientes interiores, pois é impraticável implementar e manter marcadores num ambiente desconhecido ou exterior. As condições de luminosidade e da impressão do marcador de RA também são problemas a considerar num ambiente exterior. Além desses problemas, também são assinalados outros como obstrução, monotonia e *vision occlusion* [7].

²ARToolKit, <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>, último acesso set, 2021

³ARToolKitPlus, <https://github.com/paroj/artoolkitplus>, último acesso set, 2021

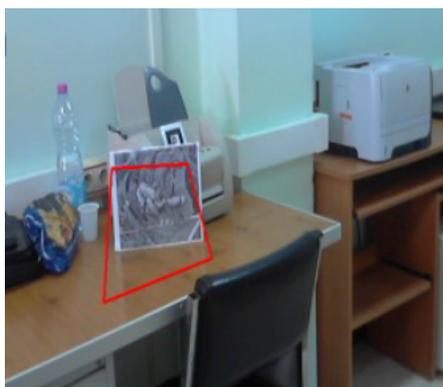


Figura 2.3: Rastreamento do objeto com o algoritmo SURF [13].

Rastreamento sem marcadores

Como o nome sugere, este tipo de rastreamento não utiliza nenhum marcador para exibir objetos virtuais no mundo real. Em vez disso, faz o mapeamento do ambiente, usando características como arestas, cantos e texturas que podem ser extraídas pela *camera frame* [9]. O rastreamento *frame-by-frame* ajuda a remover incompatibilidades e erros de desvio. No entanto, esta técnica, sofre de distorção de imagem, variação de iluminação e *self-occlusion* [7]. Existem diferentes subtipos de rastreamento sem marcadores. O rastreamento baseado em localização é um deles. Usando a triangulação, integrada no sensor do GPS e o compasso digital num telemóvel, é possível determinar a localização atual. Um exemplo de um jogo bastante conhecido que usa este tipo de rastreamento é o Pokémon GO [10].

Uma das tecnologias mais comuns para localização e rastreamento, é o algoritmo *Simultaneous Localization and Mapping* (Localização e Mapeamento Simultâneos) (SLAM), que rastreia o ambiente sem a necessidade de nenhum objeto físico [11]. Este algoritmo foi melhorado ao longo dos anos, sendo usado em ferramentas como o ARCore⁴ e ARKit⁵. Existem outros algoritmos, que podem ser usados para a deteção de características de uma imagem ou de objetos, nomeadamente o SIFT ou o SURF [5]. O SIFT é um algoritmo de deteção de *features* de imagens, contudo não é adequado para operações em tempo real devido ao elevado tempo do cálculo do fator de escala [12]. O SURF, exemplo observado na Figura 2.3, é um algoritmo rápido e robusto para representação local, invariante de similaridade e comparação de imagens. Uma das alternativas ao problema assinalado do SIFT é o rastreamento híbrido. Os sistemas fundem os dados de múltiplos sensores para adicionar graus adicionais de liberdade, aprimorar a precisão de cada sensor ou superar pontos fracos de certos métodos de rastreamento [5].

⁴ARCore, 2020, <https://developers.google.com/ar>, último acesso set, 2020

⁵ARKit, <https://developer.apple.com/augmented-reality>, último acesso set, 2021

2.1.2 Interfaces Tangíveis

Interfaces de Realidade Aumentada tangíveis são interfaces onde o utilizador interage com o conteúdo virtual através da manipulação de objetos reais representados por *Tangible User Interface (Interfaces Tangíveis) (TUI)*. Isto é, combina o uso de objetos comuns do nosso quotidiano com as técnicas de Realidade Aumentada para exibição de conteúdo virtual com esses objetos tangíveis [14].

As interfaces tangíveis são bastante intuitivas de usar pois as manipulações do objeto físico são mapeadas individualmente para operações de objetos virtuais [15]. Uma interface de Realidade Aumentada tangível é ideal se facilitar a interação e a exibição sem interrupções, removendo *functional and cognitive seams* encontradas na Realidade Aumentada tradicional e na TUI [15]. Esta idealização é atingida usando princípios de design para as interfaces TUI [16]:

- Uso de controladores físicos para manipulação de conteúdo virtual.
- Suporte para técnicas de interação espacial 3D (como o uso de proximidade de objetos).
- Suporte para interação multiplexada no tempo e multiplexada no espaço.
- Suporte para interação com várias mãos.
- Suporte para combinar restrições físicas de um objeto com os requisitos da tarefa de interação.
- Capacidade de suportar atividades paralelas onde múltiplos objetos são manipulados.
- Colaboração entre vários participantes.

Uma interface desenvolvida que explora técnicas de Realidade Aumentada tangível e que suporta colaboração presencial e interação com os objetos no mundo físico do

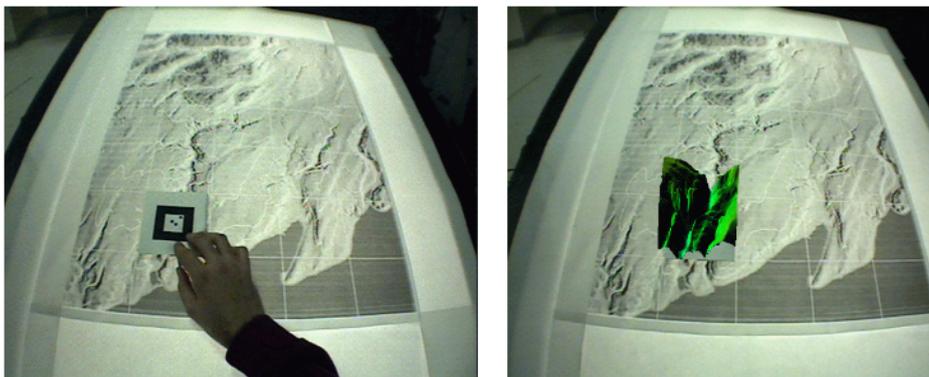


Figura 2.4: O utilizador coloca o marcador no mapa real e um terreno virtual 3D é apresentado nessa localização [16].

utilizador, é o AR PRISM [16]. Com esta interface é possível visualizar dados geográficos com a manipulação de marcadores sobrepostos num mapa real [16]. Se um utilizador quiser visualizar dados geográficos basta colocar o marcador do terreno no mapa e nessa localização observa um terreno virtual em 3D como observado na Figura 2.4.

2.1.3 Interfaces em Dispositivos Móveis

A *Mobile Augmented Reality (Realidade Aumentada Móvel) (MAR)* consiste no uso de dispositivos móveis, no mundo real, para gerar conteúdos virtuais. Isto, foi possível, devido aos avanços no *hardware* e no *software* nos dispositivos móveis nomeadamente nas câmaras incorporadas, sensores, energia, computação móvel, memória e desempenho, entre outros, que permitiram ao utilizador ter novas interações e formas de visualização de informação ao que o rodeia. O MAR pode definir-se como uma forma de [7]:

- Combinar objetos reais e virtuais num ambiente real.
- Interagir em tempo real.
- Registrar e alinhar objetos reais e virtuais entre si.
- Executar e/ou exibir a visualização aumentada no dispositivo móvel.

Existem diversos aspetos a considerar num sistema MAR pois apesar da grande portabilidade, existem limitações na energia e no tempo de vida da bateria e, dependendo do sistema é importante ter em consideração o armazenamento, as capacidades de renderização do dispositivo e da conectividade com a internet [7]. Também é considerado um fator chave as *User Interfaces (Interfaces do utilizador) (UI)* e a interface tem de ser utilizável, fácil, responsiva, interativa e rápida de forma a que haja uma maior perceção e envolvimento do utilizador, proporcionando-lhe a melhor experiência.

É importante referir que as plataformas MAR não englobam só smartphones, mas sim plataformas que fornecem um ambiente móvel em dispositivos como [7]:

1. **Notebook computers.** Em comparação com os computadores portáteis, os *notebooks* são mais flexíveis pois podem-se levar para qualquer lado. Contudo, alguns consumidores ainda não estão satisfeitos com as medidas físicas que implicam dificuldades na exibição de dados com a junção de *Head-mounted displays (HMDs)* [17] e do ecrã (este apenas usado para *debugging*).
2. **Personal digital assistants (PDAs).** Dispositivo de dimensões pequenas e fácil de transportar. Tem o problema de pobre capacidade computacional e ecrã reduzido.
3. **Tablets.** Dispositivos com um ecrã amplo para multitoque facilitando a exibição de conteúdo bem como operações de interação. A desvantagem apresentada é ser pesado para segurar na mão durante muito tempo.

4. **Ultra mobile PC (UMPC)**. Dispositivo portátil com um poder elevado de computação, mas apenas projetado para o mercado de negócios, com elevados preços, limitando-o nas vendas. Apresenta problemas semelhantes aos PDA's pelo seu reduzido ecrã.
5. **Telemóveis**. Os avanços das tecnologias, permitiram que dispositivos como telemóveis, também progredissem em diversos aspetos como câmaras embutidas (adequada para exibição *see-through*), sensores embutidos (facilitam o rastreamento da posição), processadores e *hardware* gráfico poderoso. Dentro destas e outras características é destacada a alta portabilidade que lhe permitiu a popularidade, tornam-no no dispositivo mais escolhido para a Realidade Aumentada Móvel. Existem pontos fortes, mas também fracos. Os autores [7] destacaram o acesso lento à memória e o tamanho reduzido das *caches*. Quanto aos sensores acima referidos, também apresentam falhas. Quanto à câmara, o campo de visão é reduzido e a imagem obtida pode apresentar ruído. Quanto ao acelerómetro, é muito ruidoso para obter a posição precisa do utilizador.
6. **Óculos RA**. Dispositivos que fornecem uma experiência sem o uso das mãos, sem terem de olhar para o ecrã de um dispositivo móvel, mantendo uma interação mais natural. Existe alguma controvérsia quanto à classificação como dispositivo MAR, pois não exigem rastreamento e alinhamento, mas são considerados pois têm fatores comuns como o reconhecimento facial e *path finding*. Um exemplo conhecido fabricado pela Google, é o Google Glass⁶.

Existem várias aplicações MAR que interagem com os utilizadores no mundo real e que englobam categorias como o turismo, entretenimento, educação, navegação, anúncios, modelação, entre outras [7]. Como já referido anteriormente, uma das aplicações, é o Pokémon GO, um jogo para dispositivos móveis que utiliza Realidade Aumentada baseada em localização. Através do GPS e da câmara do telemóvel, o utilizador consegue visualizar objetos virtuais, os pokémons, no mundo envolvente do utilizador [7].

2.1.4 Interfaces de Realidade Mista

Um ambiente em Realidade Virtual (*Virtual Reality (VR) (RV)*) é imersivo, o mundo real é totalmente substituído por um mundo artificial digital e o utilizador fica envolvido com o espaço virtual. A Realidade Aumentada é diferente da RV. As interfaces podem ser dispostas ao longo de um *continuum* de acordo com a quantidade do ambiente do utilizador que é gerado por computador [18]. O *continuum* da realidade e virtualidade, observado na Figura 2.5, descreve o intervalo entre os ambientes reais e virtuais, com a Realidade Aumentada e *Augmented Virtuality (Virtualidade aumentada) (AV)* no meio.

Já é conhecida a definição de RA, quanto à realidade virtual é uma tecnologia onde o utilizador fica completamente imerso num ambiente computadorizado, sem a capacidade

⁶Google Glass, <https://www.google.com/glass/start/>, último acesso set, 2021

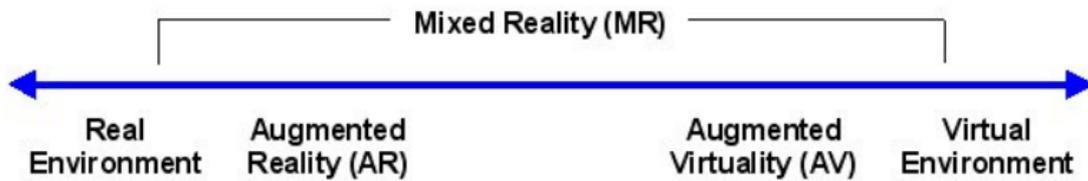


Figura 2.5: *Continuum* da realidade e virtualidade de Milgram [18].

de visualizar o mundo envolvente. A combinação do RA e do RV origina a **Realidade Mista (RM)** com a mistura do ambiente real e virtual [19]. A interação em ambientes mistos ocorre através da manipulação de objetos em ambientes quer físicos quer virtuais, permitindo que o utilizador fique imerso no mundo à sua volta enquanto interage com um **Virtual Environment (Ambiente virtual) (VE)**, como se tivesse um pé no mundo real e o outro no mundo imaginário, obtendo uma experiência diferente.

Um exemplo de RM, é o MagicBook [20], que usa um livro real para transportar o utilizador entre a realidade e virtualidade. Caso o utilizador utilize um exibidor de RA, os modelos virtuais são sobrepostos nas páginas do livro e podem-se mover para obter diferentes perspetivas desses objetos virtuais. Caso o utilizador goste de um cenário virtual em particular, pode experimentá-lo num ambiente virtual, onde fica totalmente imerso. Os casos apresentados são observados na Figura 2.6. Esta interface apresenta características a destacar nomeadamente a remoção da descontinuidade vista acima, entre o mundo real e virtual, com a possibilidade de mudar o campo de visão e com a naturalidade da interação com os objetos virtuais, dando a sensação ao utilizador como se estivesse a ler o livro.

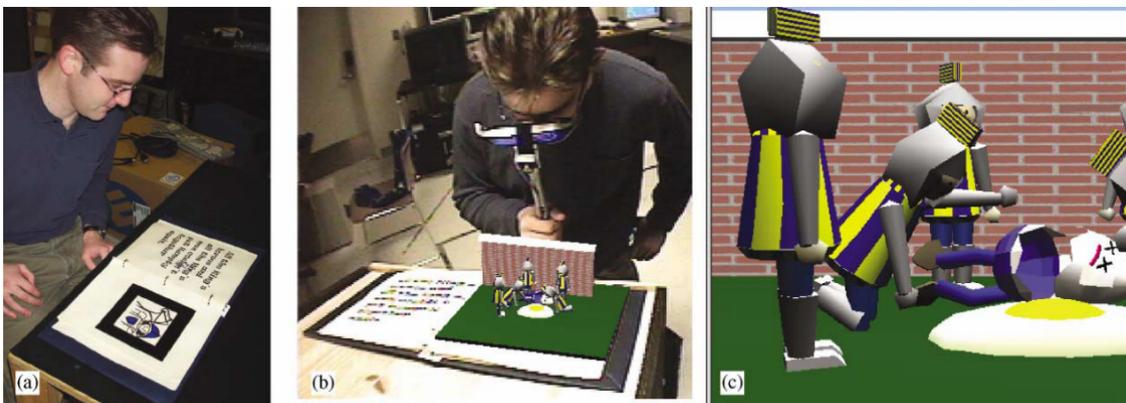


Figura 2.6: Uso do MagicBook [20] para mover entre a realidade (a), a realidade aumentada (b) e a realidade virtual (c).

2.2 Interação em Realidade Aumentada

Os avanços das tecnologias permitiram que experiências em Realidade Aumentada estivessem disponíveis para mais pessoas [5]. Nesta secção são apresentadas as várias interações com Realidade Aumentada que podem ocorrer no nosso dia que abrangem áreas como Entretenimento e Comércio/Marketing, Museus e Herança Cultural, Educação e Formação e por último, Jogos Sérios. Em cada área serão exemplificadas aplicações que se destacaram para o tópico da dissertação ou são conhecidas.

2.2.1 Entretenimento e Comércio/Marketing

A interação dos utilizadores com a Realidade Aumentada é diferenciada conforme as áreas exploradas. A Realidade Aumentada pode ser usada para melhorar a performance de uma certa tarefa, mas também pode ser usada para cultivar os sentimentos de felicidade e entretenimento numa pessoa. A área de entretenimento incide em atividades como jogar, mas depende de certos fatores como conteúdo, escalabilidade, usabilidade e experiência do utilizador, enquanto que a área do comércio incide em atividades como exibição e compras de bens materiais dependendo de fatores como conteúdo, proteção de dados, privacidade, usabilidade e experiência do utilizador [21].

Com os avanços tecnológicos, hoje em dia, já é possível adquirir diversos produtos online com facilidade e sem sair de casa. O uso da Realidade Aumentada no comércio é uma vantagem pois permite representar os objetos de uma forma mais dinâmica e atrativa e, os utilizadores conseguem obter uma melhor perceção do objeto. Além da perceção do conteúdo, a usabilidade da aplicação é bastante importante para que o utilizador tenha um serviço o mais confortável possível, de forma que o mesmo utilize novamente a aplicação, pois o importante no comércio não é só vender, mas também fidelizar clientes [21].

Um exemplo interessante e adotado pelo IKEA foi a criação da aplicação IKEA Place que permite aos clientes visualizarem modelos 3D de vários objetos virtuais, desde prateleiras, sofás, candeeiros, entre outros, no mundo real e posicioná-los na casa do utilizador. Este podem descobrir e/ou explorar cada produto e posicioná-lo em casa do mesmo, antes de comprar o produto como observado um exemplo na Figura 2.7. Este pode ser selecionado para ser comprado e é direcionado para a página do IKEA. Esta foi uma estratégia de marketing e comércio, pois assim, a empresa consegue mostrar uma diversa gama de produtos fidedignos às dimensões reais. Assim, ganham novos clientes e consequentemente aumenta o poder de compra online.

Relativamente às aplicações de entretenimento em RA, estas devem oferecer conteúdo motivador com boa qualidade de gráficos para fornecer ao utilizador uma experiência focada no realismo. Isto em junção com o som permite criar imersão no jogo. O entretenimento ou a felicidade do utilizador também aumenta com a perfeição da execução



Figura 2.7: Banco do IKEA no ambiente do utilizador.

de tarefas. Um exemplo de uma aplicação de entretenimento que ganhou muita popularidade foi o Pokémon GO que permite ao utilizador visualizar um pokémon virtual no mundo real através do ecrã do dispositivo móvel como observado na Figura 2.8. Segundo Itzstein et al. [10], o Pokémon GO satisfaz os três critérios de Realidade Aumentada de Azuma [2] pois o Pokémon virtual aparece no mundo real, fixado no espaço e pode haver uma interação desencadeada pelo utilizador.

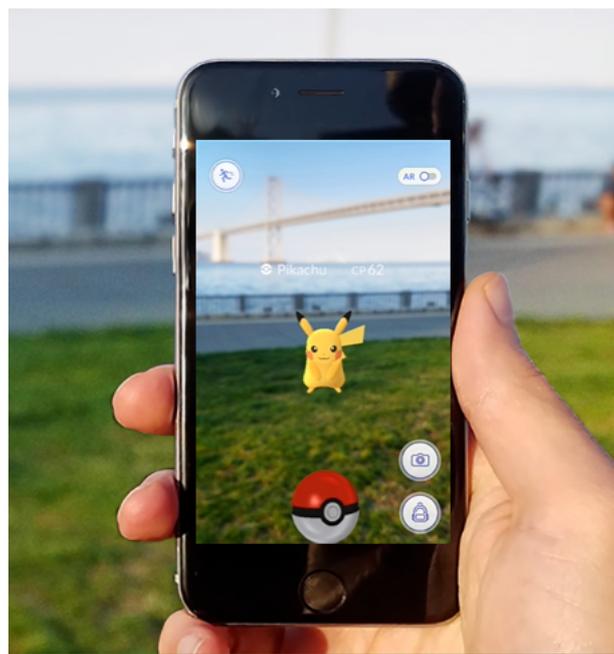


Figura 2.8: Jogo de RA: Pokémon GO.

2.2.2 Museus e Herança Cultural

Novas técnicas de interação pessoa-máquina desenvolvidas oferecem um maior grau de liberdade comparado com as tradicionais interfaces. Atualmente, muitos museus compreendem as vantagens do uso de RA nesta área [22]. Com a Realidade Aumentada, os participantes podem interagir completamente de forma natural em comparação com ambientes de realidade virtual que imergem os participantes num ambiente sintético.

Ambientes que têm exposições e que usam aplicações em Realidade Aumentada beneficiam no realismo visualizado. Além disso, os visitantes esperam que a informação visualizada seja apresentada de forma natural, instintiva e agradável [23].

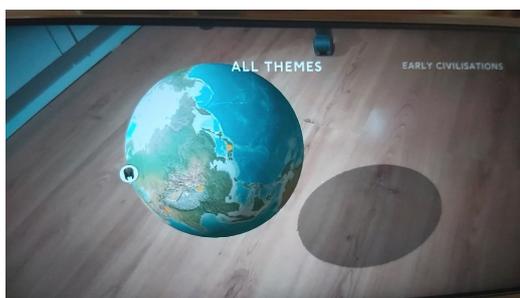
Os requisitos a destacar para uma *framework* de exibição em RA são [23]:

- Modelação precisa de objetos partidos ou estragados com técnicas e ferramentas de modelação e tratamento de imagem.
- Aproveitar as vantagens de RA baseado em marcadores.
- Interação natural entre os visitantes e a informação aumentada. Uso de Realidade Aumentada de forma realista.

Na sociedade atual, os museus utilizam tecnologias modernas para fornecer aos visitantes novas formas de interação, tornando a visita mais apelativa possível [24]. As aplicações também exploram a componente de aprendizagem apresentando informação da peça de arte.

Existem aplicações que não estão associados a um museu específico, mas que englobam arte e cultura de todo o mundo, como o caso do BBC Civilisations AR, que engloba 31 países e 5000 peças de arte ao longo da história. Através do rastreamento sem marcadores é possível interagir com as diferentes peças, tirar fotos das mesmas e visualizar informação como mostrado na Figura 2.9.

Contudo, existem aplicações apenas associadas a um museu, proporcionando uma visita única e dinâmica, é o exemplo do The Speaking Celt [25] onde três avatares guiam a visita pelo museu. Segundo Breuss-Schneeweis [25] devem-se utilizar aplicações em dispositivos móveis nos museus porque:



(a) Globo virtual.



(b) Peça de um museu: possibilidade de visualizar informação, *highlight* ou tirar uma foto.

Figura 2.9: Imagens da aplicação BBC Civilisations AR.



(a) Utilizadores a usufruírem da aplicação dentro do museu através de visualização e áudio.

(b) Guarda Celta em frente ao museu que fala diferentes textos durante o dia, noite e quando o museu está aberto.

Figura 2.10: Aplicação de museu Speaking Celt [25].

1. Utilizadores estão familiarizados com os próprios dispositivos móveis.
2. Museus não precisam de *hardware* adicional.
3. Existe diferentes formas para mostrar o conteúdo (QR Code, reconhecimento de imagem, entre outras).
4. Possibilidade de notificações.
5. Capacidade de aceder à internet.
6. Capacidade para aceder às redes sociais.
7. Plataformas de desenvolvimentos de criação de aplicação que fornecem o conteúdo de forma criativa.

A aplicação é baseada em marcadores e quando é feito o *scan* do mesmo, aparece um avatar que fornece informação dos artefactos que o rodeia e a história da sua vida (Ver Figura 2.10(a)). Existe um marcador à porta do museu que aquando o scan, aparece um guarda Celta que está programado para dizer diferentes textos durante o dia, durante a noite e quando o museu está fechado (Ver Figura 2.10(b)).

2.2.3 Educação e Formação

Na sociedade atual, a tecnologia está bastante enraizada e há que tirar o melhor proveito da mesma, tornando-a um meio para o conhecimento e não para a distração de estudantes. A combinação da Realidade Aumentada com a educação promove a compreensão de representações complexas ou invisíveis a olho nu, além disso, permite a execução de experiências de menor risco e menor custo [26].

A aprendizagem usando RA oferece uma experiência muito envolvente na qual os alunos podem ter outro ponto de vista e torna-se útil para explicações como por exemplo



Figura 2.11: Modelo virtual do coração [29].

o sistema solar, estruturas atômicas em química, entre outras. A Realidade Aumentada ligada à educação pode ser vista em livros de Realidade Aumentada, modelação de objetos, jogos RA, treino baseado em descobertas e ensino de habilidades [27, 28]. Muitas aplicações são devolvidas neste ramo, promovendo e incrementando o conhecimento adquirido pelos estudantes, mas é importante destacar alguns fatores [21]:

1. Conteúdo: A saturação de informação ou elevada interação pode reduzir a capacidade de entender o conteúdo.
2. Escalabilidade: A participação de todos os estudantes é requerida para a aprendizagem individual.
3. Usabilidade: Os estudantes têm o hábito de perder a atenção facilmente quando o conteúdo é aborrecido. Aplicações fáceis de usar e atrativas capturam a atenção dos mesmos.
4. Experiência do utilizador: Os estudantes podem ser induzidos a investigar mais sobre um determinado tema quando é gerado o desejo de aprender mais.

Na formação, a tecnologia RA também é usada, por exemplo, na área da medicina. Como tópico principal, temos a anatomia pois os estudantes têm de conhecer e lembrar-se de várias componentes do corpo humano como por exemplo do coração representado na Figura 2.11.

Na medicina, as aplicações de RA têm o intuito de resolver problemas relacionados com cirurgias, formação e reabilitação pois fornecem elevada precisão com menos riscos [21]. Os sistemas existentes utilizam várias técnicas de rastreamento e outras técnicas de reconhecimento de imagem para sobrepor modelos virtuais 3D do corpo do paciente na região correspondente.

2.2.4 Jogos Sérios

Com os avanços da tecnologia, o equipamento usado por jogos de Realidade Aumentada tornou-se mais barato e acessível e, com a indústria dos jogos em constante desenvolvimento é possível atrair cada vez mais um maior número de consumidores. Os jogos podem ser classificados em duas categorias diferentes, de entretenimento e jogos sérios.

O termo “jogos sérios” são jogos com um propósito, isto é, que o seu objetivo não é só entretenimento, mas também, proporcionar experiências de aprendizagem e reabilitação [30]. Existem diversos exemplos, mas os mais usuais são os auxiliares ao ensino e simuladores para combate militar. No artigo [30], os autores fornecem uma sinopse para vários exemplos de jogos dos quais se destacaram dois jogos sérios, o Shelf Stack e o Learning Words.

O Shelf Stack [8] é um jogo de Realidade Aumentada para reabilitação de acidentes vasculares em membros superiores do corpo humano. Os acidentes vasculares podem causar diversos problemas de incapacitação como deficiência de atenção, dores, fraqueza ou até mesmo paralisia em certos membros, o que pode comprometer algumas tarefas realizadas no quotidiano. Este jogo usa marcadores em objetos reais que são visualizados no ecrã de um dispositivo como um objeto virtual, por exemplo um cubo representado por uma caneca. Inicialmente, existem prateleiras virtuais, cada prateleira tem vários anéis que estarão com diferentes cores. O objetivo do jogo é quando o anel está a vermelho, o jogador terá de mover o marcador para o anel, executando a tarefa corretamente de forma a que o anel fique verde como representado na Figura 2.12. Existe um método de pontuação baseado no sucesso e no tempo executado para a realização da tarefa. Assim, há contribuição para o melhoramento pessoal e encorajamento à medida que os níveis se tornam mais complexos.

O Learning Words [31] é um jogo educacional de Realidade Aumentada para ajudar as crianças a aprender palavras. Este jogo requer uma posição e orientação precisa pois usa marcadores para representar tanto o menu do jogo, como botões sim/não para responder a questões do animal de estimação virtual. Também existem marcadores que representam

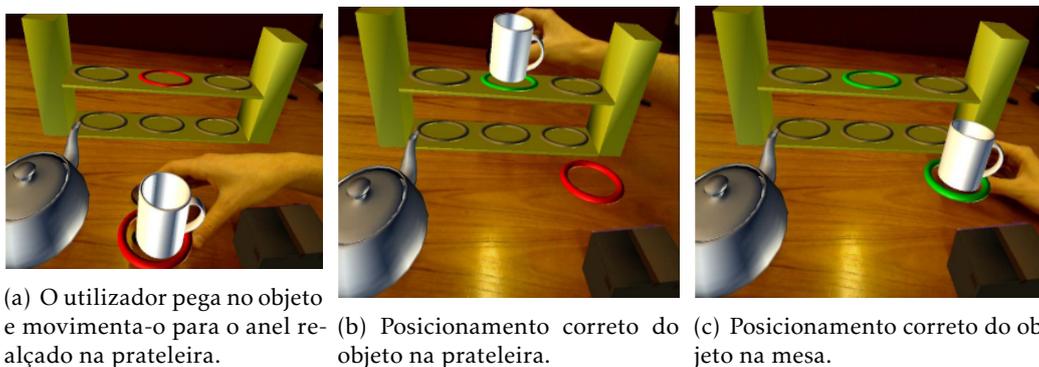


Figura 2.12: Shelf Stack: cada objeto virtual é representado por um objeto físico [8].



Figura 2.13: Jogo "2) Começa com...". O objetivo é formar corretamente a palavra TROMPETA dado 3 possibilidades para a primeira letra [31].

botões para verificar as palavras e para mostrar clipes de vídeo para dar dicas ou explicações para encorajar a criança. Dentro do jogo, podem ser escolhidas diferentes categorias: 1) Soletrar a palavra; 2) Começa com...; 3) Termina com...; 4) Completa a palavra; 5) Encontra o intruso. O objetivo do jogo é, através do entretenimento, dar encorajamento a uma criança para aprender palavras de uma forma interativa e diferente. Por exemplo, na categoria 2), a criança tem de completar a palavra pedida por um animal de estimação virtual com opções de letras dadas como mostrado no exemplo da Figura 2.13. Um estudo foi realizado comparando o jogo com cartões e usando a Realidade Aumentada e verificou-se que 81% das crianças inquiridas preferiram a vertente com objetos virtuais apesar de não haver uma diferença significativa entre ambos.

2.3 Colaboração em Realidade Aumentada

A Realidade Aumentada tem uma grande potencial para interações como visto nas secções anteriores, permitindo executar tarefas no mundo envolvente do utilizador. Se isto acontece, então é necessário explorar a colaboração entre vários utilizadores. Uma colaboração eficiente requer que cada colaborador tenha o seu ponto de vista único para os dados apresentados. Preferencialmente, os colaboradores partilham a mesma área e assim origina um sistema de Realidade Aumentada que combina a experiência do mundo real dos colaboradores e o material físico com a visualização de dados sintetizados [4].

Um sistema colaborativo em RA é aquele em que existe um aumento do ambiente real de um utilizador por meio de ações de outros utilizadores e que não depende de informações pré-armazenadas no computador [32].

Os investigadores de StudierStube [4] destacam as seguintes características em ambientes de colaboração em Realidade Aumentada:

- Virtualidade: Objetos que não existem no mundo real podem ser visualizados e examinados.

- *Augmentation*: Objetos reais podem ser *augmented* através de anotações virtuais.
- *Cooperação*: Múltiplos utilizadores podem ver-se e cooperar de uma maneira natural.
- *Independência*: Cada utilizador controla o seu ponto de vista independentemente.
- *Individualidade*: Os dados expostos podem ser diferentes para cada visualizador.

A colaboração com vários utilizadores em Realidade Aumentada é realizada por interação verbal ou corporal entre vários utilizadores, apesar de existir vários tipos de colaboração, a interação com outro utilizador é muito importante para o objetivo da tarefa. Na RV é difícil executar algumas tarefas, nomeadamente, na interpretação dos gestos do outro utilizador, ou a impossibilidade de se verem, o que não acontece na Realidade Aumentada. A partilha do espaço real do utilizador na colaboração é um ponto forte a considerar.

2.3.1 Colaboração Presencial

A colaboração em grupo presencial é a forma de comunicação mais natural existente e, dá-nos imensas informações do ambiente que nos rodeia através da interpretação da linguagem corporal e das expressões faciais. As interações provenientes do ambiente e de objetos desempenham um papel importante, particularmente em tarefas de design e de colaboração espacial, aumentando a compreensão partilhada entre os utilizadores [33] (Ver exemplo da Figura 2.14).

As primeiras experiências de colaboração presencial foram em salas de conferência, um exemplo é a sala Colab na Xerox [16]. O desempenho da colaboração foi melhor



Figura 2.14: Interface colaborativa em RA [33].

quando o grupo estava à volta de um único computador. Este introduz uma separação artificial entre o espaço de tarefas e o espaço de comunicação, impedindo que os utilizadores tomem conhecimento da comunicação natural realizada presencialmente. A RA é usada para remover a separação artificial, tornando o espaço de comunicação e de exibição num só com a sobreposição de objetos virtuais no ambiente real [16]. As interfaces de colaboração em RA podem produzir comportamentos de comunicação mais similares à colaboração presencial do que à colaboração baseada em ecrãs pois através de gestos e da linguagem verbal, a interação torna-se mais fácil e o desempenho das tarefas aumenta [33]. A Realidade Aumentada pode ser usada para melhorar o espaço de trabalho físico compartilhado e criar uma interface para CSCW tridimensional [33].

O projeto de Studierstube [4] que foi dos primeiros sistemas de Realidade Aumentada colaborativa, permite que vários utilizadores, reunidos numa sala, experimentem um espaço virtual partilhado e populado com dados 3D. Cada utilizador tem um ponto de vista independente, isto é conseguido com a renderização do mesmo cenário virtual para cada ponto de vista de utilizador, tendo em conta a posição do mesmo. Os utilizadores podem personalizar a visualização da cena virtual que difere em aspetos diferentes do ponto de vista como por exemplo anotações individuais ou destaque. A combinação da experiência do mundo real com a visualização de cenários virtuais produz uma poderosa ferramenta de colaboração e interação natural com os utilizadores na mesma sala [4]. Os resultados do projeto foram positivos e os utilizadores reportaram que a interface era bastante intuitiva propiciando uma colaboração no mundo real [33].

2.3.2 Colaboração Remota

A colaboração remota acontece quando os utilizadores comunicam e interagem sem estarem no mesmo espaço e, com os avanços da tecnologia, a mesma tornou-se possível, mas envolve limitações [33]. Plataformas, como o Discord⁷, Zoom⁸, Microsoft Teams⁹ ou editores colaborativos como por exemplo o Google Docs¹⁰ são usados para diversos tipos de comunicação com texto, por videoconferência, entre outras. Com o intuito de reunir com outras pessoas à distância, algumas dicas de interação são perdidas, nomeadamente quando apenas é usado o áudio existem gestos vitais que acontecem numa conversa que são perdidos, levando também a interrupções ou sobreposições, complicando um pouco a interação. No caso da videoconferência, alguns movimentos subtis dos utilizadores podem ser perdidos e não serem capturados pelos restantes, também dificulta o contato visual entre os vários utilizadores e a capacidade de visualizar facilmente o *feedback* dado pelas restantes pessoas. Outro fator é o limite de pessoas presentes no ecrã. E assim, torna-se difícil para uma tecnologia fornecer a utilizadores remotos a mesma experiência de

⁷Discord, <https://discord.com/>, último acesso set, 2021

⁸Zoom, <https://zoom.us>, último acesso set, 2021

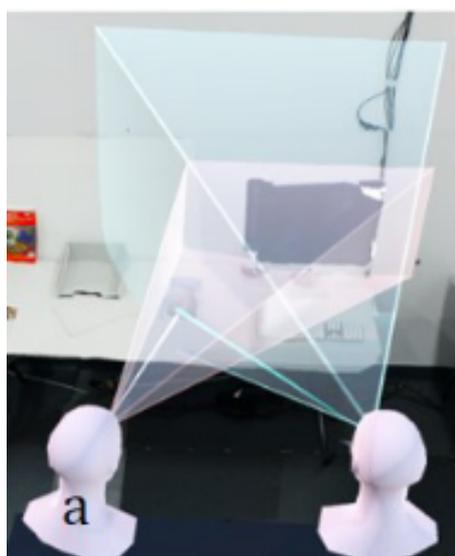
⁹Microsoft Teams, <https://www.microsoft.com/pt-pt/microsoft-365/microsoft-teams>, último acesso set, 2021

¹⁰Google Docs, <https://www.google.com/docs/about/>, último acesso set, 2021

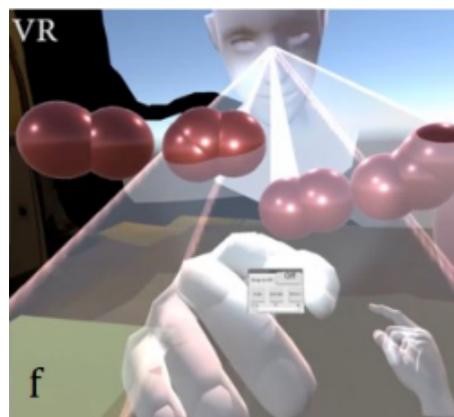
uma conversa presencial [33]. A combinação da colaboração remota com a tecnologia RA pode fornecer pistas visuais e áudio espacial que se sobrepõem ao ambiente real de uma pessoa. Os participantes remotos são adicionados ao mundo real dos utilizadores, assim a tecnologia RA fornece a mistura perfeita da realidade e virtualidade [33].

Apesar dos desafios apresentados anteriormente, é necessário focar que os sistemas de colaboração remotos permitem que os utilizadores colaborem e interajam uns com os outros a longas distâncias ao partilharem o mesmo ambiente envolvente [34]. Esses utilizadores devem ser capazes de perceber pistas recebidas pelos outros utilizadores e comunicar através dessas pistas.

O CoVAR [34] é um sistema que combina a Realidade Aumentada, a Realidade Virtual e comunicação natural para criar novos tipos de colaboração. Neste sistema, existe uma reconstrução do espaço real do utilizador RA, compartilhando-o com o utilizador VR remoto, dando-lhe a sensação de estarem no mesmo espaço. O sistema suporta para a comunicação *inputs* como: *Head-Gaze*, *Eye-Gaze* e movimentos de mão e, para a colaboração, dois tipos de pistas virtuais, *Field of View* e *Gaze Cue* como observado na Figura 2.15. A primeira pista virtual engloba um prisma que limita o que utilizador consegue ver, assim, o parceiro consegue ver o que o utilizador está a observar. A segunda pista, a *Gaze Cue* mostra a direção do *gaze*. As experiências com as pistas virtuais foram bastantes importantes para melhorar a performance da colaboração remota.



(a) Pistas virtuais, *Field of View* e *Gaze Cue*.



(b) Representação do ponto de vista do utilizador de RV.

Figura 2.15: CoVAR: sistema de colaboração remota em RA e RV [34].

2.4 Tecnologias

Atualmente, para desenvolver uma aplicação em Realidade Aumentada é mais fácil com a disponibilidade de várias *frameworks*, bibliotecas e *hardware*. Nesta secção, serão destacadas resumidamente, algumas ferramentas importantes nesta temática.

2.4.1 *Game Engines*

O *game engine* é um programa e/ou um conjunto de bibliotecas que permite o desenvolvimento de aplicações ou jogos para diversas plataformas, como computadores e telemóveis. Este ambiente de desenvolvimento possui várias funcionalidades como a renderização de gráficos 2D e 3D, deteção e resposta à colisão com objetos, uso de sons, animações, entre outros.

Unity¹¹

O Unity é um *game engine* bastante versátil e compatível com as tecnologias mencionadas abaixo e com outras plataformas, ultrapassando as 25 plataformas. Esta tecnologia contém uma biblioteca com vários modelos quer em 2D quer em 3D e podem ter um custo associado ou serem gratuitos.

Unreal Engine¹²

O Unreal Engine é um *game engine* compatível com diversas plataformas. Inicialmente, foi desenvolvido para jogos em 1ª pessoa, mas atualmente tornou-se numa tecnologia que explora RV, RA, jogos, entre outros. Em relação ao RA apenas suporta o ARCore e ARKit, entre as *frameworks* de AR mencionadas abaixo.

2.4.2 *Networking Libraries*

Um sistema para a partilha e troca de informação ou serviços entre indivíduos através de recursos disponíveis em bibliotecas. Assim, a comunicação e troca de informação torna-se mais simples e eficiente e apenas é pedido ao utilizador que tenha uma conexão à internet através do seu dispositivo móvel.

Photon Unity Networking (PUN)¹³

O Photon é um *networking engine* e uma plataforma multijogadores. A integração do Photon no Unity permite que utilizados estejam em salas onde a posição, orientação e escala de objetos é sincronizada. A comunicação rápida é feita pelo servidor do Photon assegurando-se que os utilizadores não se conectem um a um.

¹¹Unity, <https://unity.com>, último acesso set, 2021

¹²Unreal Engine, <https://www.unrealengine.com/en-US/>, último acesso set, 2021

¹³Photon Unity Networking, <https://www.photonengine.com/en/pun>, último acesso set, 2021

Mirror Networking¹⁴

O Mirror é uma biblioteca de rede de código aberto para o Unity e é usada tanto para criar jogos pequenos como para criar jogos de multijogadores massivos devido à sua facilidade de programação.

O Mirror foi experimentado para contornar a noção de *ownership* do Photon. Contudo, o Mirror não é compatível para dispositivos móveis e assim não foi possível fazer *build* da aplicação do Unity usando a biblioteca.

2.4.3 AR Frameworks

Apresentam funcionalidades para o desenvolvimento de experiências em RA. Cada *framework* tem características que proporcionam essas experiências, por exemplo como o rastreamento de imagens ou marcadores fiduciais, estimação de luz, entre outras e, podem suportar diferentes tipos de plataformas. Na Tabela 2.1 é observado as comparações de algumas características entre as *frameworks* referenciadas nesta subsecção.

Vuforia¹⁵

O Vuforia é uma plataforma para desenvolver aplicações de Realidade Aumentada em smartphones, tablets e óculos, sendo a mais conhecida e utilizada nos dias de hoje. Ao programar nesta plataforma, pode-se facilmente adicionar funcionalidades avançadas, na visão de um computador, de forma a suportar ARCore, ARKit, Android, iOS e UWP (*Universal Windows Platform*), para permitir uma interação real da Realidade Aumentada com diversos objetos e o respetivo ambiente. O Vuforia oferece também múltiplas capacidades de reconhecimento e localização que podem ser usados numa variedade de imagens e de objetos.

ARCore

O ARCore é uma plataforma da Google que é suportada por telemóveis Android a partir da versão 7.0 (*Nougat*). As características de capacidade desta plataforma são: rastreamento de movimento, compreensão do ambiente e estimação de luz. Mais especificamente, a possibilidade de rastrear a posição do telemóvel do utilizador à medida que se move, a deteção de superfícies planas, como uma mesa e estimando a variação da luz do ambiente do utilizador tornam o ARCore tão popular para desenvolver aplicações. Esta plataforma foi usada para desenvolver aplicações como Just a Line¹⁶, IKEA Place, entre outras.

ARKit

A solução da Apple para o mundo da RA é o ARKit que está disponível para dispositivos com o sistema operativo a partir do iOS11. Esta ferramenta combina o rastreamento

¹⁴Mirror Networking, <https://mirror-networking.com>, último acesso set, 2021

¹⁵Vuforia, <https://developer.vuforia.com>, último acesso set, 2021

¹⁶Just a Line, <https://justaline.withgoogle.com>, último acesso set 2021

de movimento do dispositivo, captura do cenário da câmara, processamento avançado do cenário e fáceis formas de exibição da informação. Atualmente, foi lançado o ARKit5 com melhoramentos no rastreamento do movimento e facial e permite conectar objetos virtuais no mundo real dado a altitude, longitude e latitude entre outras características possuídas por esta *framework*. As aplicações desenvolvidas com esta ferramenta a destacar são: Complete Anatomy¹⁷, JigSpace e AR Quick Look¹⁸.

Wikitude¹⁹

O público prefere utilizar uma plataforma gratuita, mas esta plataforma, apesar de ser paga, é muito popular. O kit de desenvolvimento de *software* inclui reconhecimento de imagem e rastreamento (SLAM), bem como tecnologias de geolocalização. É suportado por Android, iOS, Windows e alguns óculos RA (Epson Moverio, HoloLens e Vuzix) tornando esta plataforma versátil. Alguns exemplos de aplicações criadas com esta plataforma são o Ellen's Game of Games ou o AR T-Shirt²⁰.

ARToolKit

É uma biblioteca para os programadores de conteúdo de RA. Esta ferramenta consegue calcular a posição e orientação, em tempo real, da câmara relativamente a marcadores. Os marcadores serão sobrepostos por objetos virtuais. Existem bastantes investigadores que usaram esta tecnologia em diversos projetos como The MagicBook, AR Groove, entre outros.

2.5 Sumário

Neste capítulo é apresentada a Realidade Aumentada, uma tecnologia capaz de fornecer uma experiência virtual no ambiente físico do utilizador. E para rastrear esse ambiente, é necessário o processamento com tecnologias que rastreiam a posição de um determinado objeto, como o SLAM, ou que detetam características como o SIFT. Os telemóveis atuais fornecem um enaltecimento a esta tecnologia pela sua flexibilidade e portabilidade, permitindo que o utilizador esteja em contacto com o mundo de RA assim que desejar.

Foram apresentadas as várias áreas que a RA pode incidir, como os museus, entretenimento, marketing, educação, entre outras. Essas áreas mostraram que atualmente existem diversas aplicações onde o utilizador pode interagir e ter uma experiência única. Também foi mostrado a importância da colaboração em ambientes de RA, tornando a interação um aspeto importante a considerar. Na colaboração podemos ter dois tipos, a presencial

¹⁷Complete Anatomy, <https://3d4medical.com/support/complete-anatomy/ar>, último acesso set, 2021

¹⁸AR Quick Look, <https://developer.apple.com/augmented-reality/quick-look/>, último acesso set, 2021

¹⁹Wikitude, <https://www.wikitude.com>, último acesso set, 2021

²⁰AR T-Shirt, <https://www.wikitude.com/showcase/ar-t-shirt-virtuali-tee/>, último acesso set, 2021

e a remota. A presencial fornece uma comunicação natural enquanto que a comunicação remota é mais complicada, pois são precisos recursos visuais que sejam naturais para o utilizador de forma a ultrapassar a distância.

Por último, é apresentado a Tabela 2.1 com uma breve comparação entre as tecnologias que fornecem experiências em RA mencionadas nesta secção. Estas tecnologias destacam-se na variedade de componentes de rastreamento e nas plataformas suportadas. Pelas razões apresentadas podem-se destacar as seguintes tecnologias: o Vuforia e o ARCore. No próximo capítulo é apresentada a solução em mais detalhe e no Capítulo 4 são referenciadas as tecnologias usadas na implementação da solução após uma análise às tecnologias apresentadas neste capítulo.

Tabela 2.1: Comparação de algumas características das tecnologias que proporcionam experiências em RA.

	ArToolkit	Wikitude	Vuforia	ARCore	ARKit
Tipo	SDK	SDK	SDK	Framework	Framework
Preço para programadores	Open Source	Free trial, Comercial	Gratuito, Comercial	Gratuito	Gratuito
Plataformas suportadas	Android, iOS, Windows, Mac OS X, Linux	Android, iOS, Windows para tablets	Android, iOS, UWP, Unity Editor	Android, iOS	iOS
Suporta smart glasses	x	x	x	x	x
Rastreamento de Imagem		x	x	x	x
Rastreamento de marcadores fiduciais	x	x	x	x	x
Plane Tracking			x	x	x
Face Tracking		Uso de <i>plugin</i>			x
Rastreamento de Objetos 3D		x	x		x
Estimação da luz				x	x
SLAM		x	x	x	x
Armazenamento Cloud		x	x	x	x
Outros	<i>6D marker tracking, multiple markers tracking</i>	<i>location based markers, multiple image trackers</i>	Reconhece diferentes objetos como cilindros, planos e cubos	<i>Motion tracking</i>	<i>Geo Tracking, multiplayer</i>
Suporte no Unity	x	x	x	x	x
Suporte no Unreal Engine	x			x	x

SISTEMA DE INTERAÇÃO E COLABORAÇÃO EM RA

O propósito deste capítulo é apresentar a solução que consiste num sistema móvel baseado num ponto central representado por um marcador de Realidade Aumentada em que vários utilizadores podem captar a atenção e interagir com um avatar virtual em tempo real.

Após uma análise do estado da arte, nomeadamente os vários exemplos de sistemas em RA e a interação colaborativa neste ambiente, é apresentada a solução definida com mais detalhe, incluindo os objetivos, componentes e requisitos do sistema que permitiram a elaboração de uma solução focada em casos de estudo com múltiplos utilizadores. Para o desenho da solução é apresentada uma arquitetura inicial prévia à implementação do sistema bem como algumas diretivas para o design de interface como o tamanho do marcador de RA, o posicionamento do dispositivo móvel e o uso de *mockups*.

3.1 Descrição geral

A solução consiste num modelo de aplicações que combina diversas funcionalidades que geram informação para ser partilhada entre o cliente e servidor. Usando este modelo, foi criada uma aplicação centrada num marcador de RA onde vários utilizadores podem interagir com um avatar virtual no mesmo espaço físico usando um telemóvel. Este sistema pode ser usufruído individualmente, contudo o seu intuito é ser utilizado por vários utilizadores presencialmente para interagirem e captarem a atenção do avatar virtual. E para isso, é necessário ter em consideração que a interface RA colaborativa deve ser desenhada para receber vários utilizadores.

O sistema deve ser baseado em interações intuitivas que são sincronizadas pela rede, assim o resultado da interação é igual para todos os utilizadores, contudo pode existir informação visual que pode deferir de utilizador para utilizador. Essas informações são essenciais para a colaboração em RA pois dão pistas sobre o que está a acontecer no sistema em relação ao próprio utilizador e aos restantes utilizadores. Antes de definir essas interações é fundamental definir as considerações e requisitos para a solução.

3.2 Considerações e Requisitos

Antes de referir os requisitos do sistema, é importante voltar a analisar os objetivos definidos no Capítulo 1. Com o intuito de analisar os diferentes tipos de interações realizadas pelos vários utilizadores, quer no mundo real quer com a interface, a interação pode ter um carácter competitivo ou colaborativo, dependendo do contexto de utilização. Contudo, para este sistema importa o foco nas interações no contexto colaborativo para retirar informações úteis sobre o impacto das decisões dos utilizadores e da comunicação entre os mesmos. Assim, será possível concluir se certas ações realizadas na interface foram um incremento positivo na colaboração entre os utilizadores ou se ajudaram a realizar ou perceber certas ações.

Outro aspeto a considerar, é no fornecimento de uma aplicação que não esteja limitada ou por *hardware* ou por um processo de configuração demasiado complexo para o utilizador. O uso da aplicação depende do uso de dispositivos móveis com câmara e microfone funcionais e acesso a internet com qualidade. O acesso à internet é um componente fundamental na parte da colaboração, uma vez que todas as interações são sincronizadas por um servidor. Além disso, necessita que as qualidades gráficas e de processamento sejam elevadas.

Último aspeto em consideração é na extensibilidade e facilidade do uso do sistema. Algumas componentes da aplicação podem ser alteradas num ficheiro de configuração. Este é apresentado no formato JSON e está organizado para facilitar a alteração por parte de uma pessoa que possua conhecimentos básicos de programação.

De forma a responder às perguntas de investigação foi necessário idealizar um caso de estudo que:

- Permitisse a interação com uma interface baseada em RA intuitiva e de fácil utilização.
- Permitisse ao utilizador possuir um dispositivo móvel e estar num espaço físico com boa iluminação. Os utilizadores devem partilhar o mesmo espaço físico.
- Usasse um dispositivo com som e câmara funcionais para garantir as interações bem como o acesso à internet com qualidade.
- Permitisse interações simples como toque no ecrã.
- Permitisse interações mais complexas que envolvam mais raciocínio.
- Permitisse as pessoas comunicarem e interagirem umas com as outras enquanto interagem com o avatar.
- Permitisse comparar o tipo de comunicação em diferentes etapas. Onde cada etapa pode ter um objetivo ou interações específicas.

Relativamente ao último ponto, pensou-se em criar modos de jogo com diferentes objetivos e com interações específicas para avaliar as interações colaborativas em contextos diferentes e, assim, ajudar a ter várias perspetivas na resposta às perguntas de investigação. Quanto à facilidade de uso do sistema foi pensado em ações básicas realizadas no dia a dia pelos utilizadores, num dispositivo móvel, quando jogam um jogo, por exemplo, tocar no ecrã ou interagir com botões da interface. No sistema são implementadas estas ações básicas para que seja intuitivo e fácil de utilizar. Também são aplicadas outras ações que os utilizadores não estão habituados para os incentivar e motivar durante o uso do sistema como por exemplo a interação com outros marcadores de RA ou a interação com um avatar através da voz.

Tendo em conta os requisitos definidos foi imaginado um jogo RA colaborativo com vários modos e diferentes tipos de interações com um marcador de RA. Quando ao marcador de RA é detetado através da câmara de um dispositivo móvel, o avatar virtual é renderizado em cada dispositivo móvel e os utilizadores podem começar a aventura. Cada ação realizada na interface da aplicação pelo utilizador produz um comportamento visualizado e sincronizado em cada dispositivo móvel conectado à rede. Se a conexão à rede for de boa qualidade, maior será a qualidade na sincronização e a interação em grupo entre os vários utilizadores que estão presentes na aplicação.

3.3 Arquitetura Inicial do Sistema

Com os requisitos definidos foi desenhada uma arquitetura inicial do sistema, representada na Figura 3.1. Durante a implementação adaptou-se seguindo o processo de iterações de ações: 1) implementar a ação; 2) realizar testes informais. Este ciclo implica que a arquitetura apresentada na figura seja diferente da arquitetura final do sistema observada na Secção 4.1.

Observando a Figura 3.1, o sistema começa por realizar a leitura do marcador de Realidade Aumentada através da câmara de um dispositivo móvel e o conteúdo virtual é renderizado e visualizado por cada utilizador. Sempre que cada utilizador realiza uma ação, os dados são enviados e sincronizados através de um servidor. Através deste motor de rede é possível criar salas virtuais e sincronizar os dados e as ações de interação realizadas por cada utilizador com o avatar virtual. Todos os utilizadores partilham o mesmo espaço enquanto realizam interações com o avatar virtual. A partilha do mesmo espaço físico pelos utilizadores é fulcral para que não haja uma queda na eficiência da colaboração.

Quando o avatar virtual for renderizado nos dispositivos móveis, cada utilizador pode interagir com o mesmo ou com os outros utilizadores presentes no mesmo espaço físico, permitindo a colaboração presencial. As interações representam ações que são sincronizadas em tempo real e visíveis por todos os utilizadores presentes na mesma sala. Também podem existir interações com vários objetos físicos que possuem sensores, sincronizando

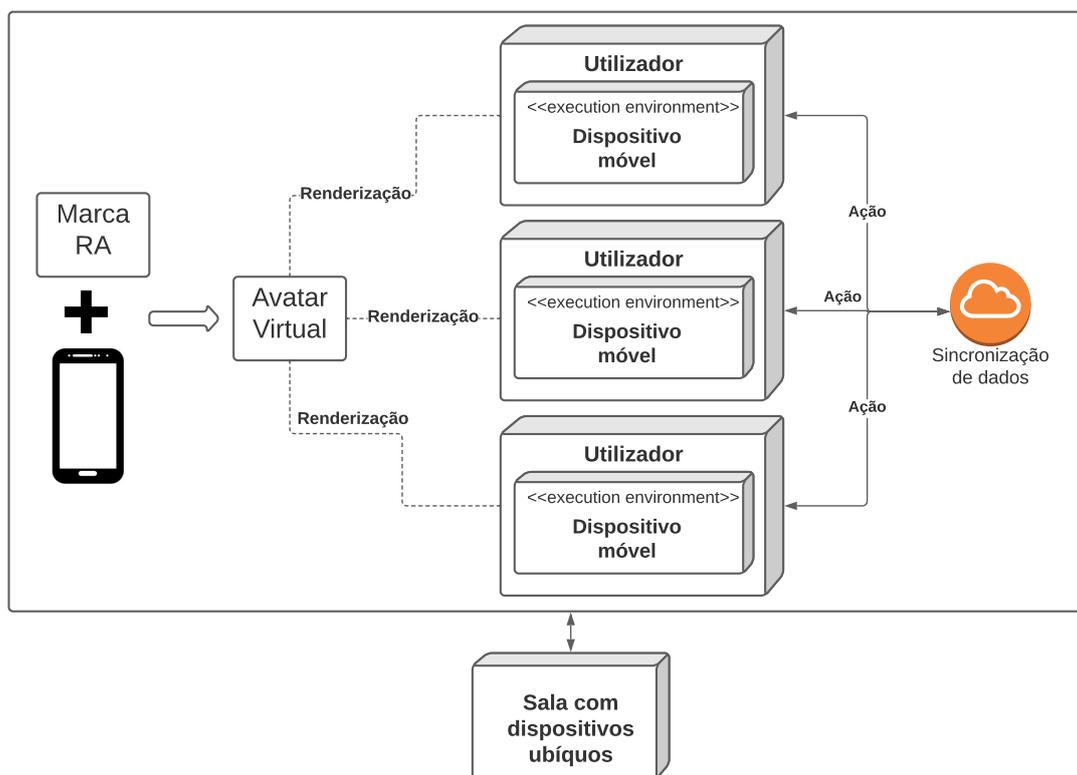


Figura 3.1: Arquitetura inicial do sistema.

as informações num servidor conectado a dispositivos ubíquos. Isto apesar de estar previsto, não está no âmbito desta dissertação.

3.4 Design do Sistema

Nesta secção são definidos os tipos de interação que o utilizador pode realizar na presença de um avatar virtual combinada com a vertente colaborativa onde são introduzidos os conceitos de sala num motor de rede e o processo de sincronização de dados. Também é explorado a introdução da narrativa num sistema que pode envolver diferentes áreas como museus, eventos culturais ou entretenimento.

3.4.1 Interação

A exploração da interação em Realidade Aumentada é bastante importante nesta dissertação e com isso em mente estabeleceram-se várias ações para promover interações colaborativas.

Uma reação reproduzida pelo avatar virtual advém de uma ação realizada pelo utilizador na interface do sistema. Este par ação-reação, será denominado, de agora em diante, uma interação. Podem existir diversos tipos de interações como voz, toques, deslizes no

Tabela 3.1: Tipos de ações curtas e longas que um utilizador pode utilizar para interagir com o sistema.

Tipos de Interações	
Ações curtas	1 Toque no ecrã
	2 Toques no ecrã
	3 Toques no ecrã
	4 ou mais Toques no ecrã: Pequeno Caos
	4 ou mais Toques no ecrã: Caos
	Deslizar o dedo no ecrã em qualquer direção
Ações longas (Minijogos)	MiniJogo Objetos Escondidos
	MiniJogo Fantasminha
	MiniJogo Descobrir a Palavra

ecrã e uso de botões. Como é observado na Tabela 3.1, as interações são classificadas e organizadas em 2 tipos, ações curtas e ações longas. As ações curtas representam ações simples executadas na interface do sistema baseadas em toques ou deslizes no ecrã. Quando uma ação curta é realizada, o avatar virtual reage com uma dança específica à ação executada que é sincronizada em todos os dispositivos. As ações longas são diversas tarefas unidas com um objetivo sendo denominadas como minijogos.

Ações curtas

São ações executadas na interface do utilizador. Uma ação curta implica uma dança e música específica à ação realizada, por exemplo a ação de um toque no ecrã é diferente da ação de deslizar o dedo no ecrã. Sempre que um utilizador realiza uma ação curta, são observadas dicas visuais que indicam que o utilizador provocou uma reação no avatar, nomeadamente, uma dança, uma música, uma aura, rotação do avatar em direção ao utilizador e uma notificação da ação realizada. As ações curtas despoletam que utilizadores tenham um carácter mais competitivo na disputa de atenção pelo avatar virtual. Quanto às funcionalidades de ações curtas, estas são:

- Um toque - o avatar dança ao som da “Macarena” com uma aura laranja.
- Dois toques - o avatar dança ao som do “Samba” com uma aura rosa.
- Três toques - o avatar dança ao som do “I Like To Move I” com uma aura azul.
- Deslizar no ecrã em qualquer direção - o avatar dança ao som do “Twist” com uma aura verde.
- Quatro toques ou mais - o utilizador lança um pequeno caos e aparece mais um mini avatar. A animação/dança é escolhida de forma aleatória do conjunto de animações referidas acima. A aura tem um formato diferente e de cor alaranjada.
- Quatro toques ou mais - o utilizador lança o caos e aparecem mais cinco mini avatares. O avatar dança ao som do “Axel F” do Crazy Frog com uma aura de formato

diferente das de cima e de cor vermelha. A ação curta caos tem como objetivo criar um elemento de aleatoriedade e choque no jogo. Esta ação depende de condições específicas no jogo que estão descritas na Secção 4.6.

Ações longas

Uma ação longa é composta por diversas tarefas para os utilizadores completarem. As ações longas podem ser sequenciais ou aleatórias. Também podem ser combinadas, onde uma parte é sequencial e outra é aleatória, consoante as várias etapas para completar uma ação longa. Cada ação longa tem um objetivo complementado à missão principal onde o utilizador necessita de realizar diversas tarefas com diferentes níveis de complexidade.

Quanto às funcionalidades de ações longas, estas são:

- Minijogo Objetos Escondidos: Ação Combinada. O desafio é encontrar a chave para abrir o baú do cenário virtual. Para o realizarem necessitam de interagir com outro marcador, a imagem da avó. Após isso realizam um desafio, encontrar todos os objetos escondidos, incluindo a chave, para completar o minijogo.
- Minijogo Fantasmilha: Ação Sequencial. O desafio é responder corretamente ao máximo de perguntas usando o microfone. Cada utilizador responde às perguntas no seu dispositivo, contudo podem interagir e ajudar-se pois, no final, o total de pontos de perguntas corretas é colaborativo.
- Minijogo Descobrir a Palavra: Ação Aleatória. Este minijogo é inspirado no jogo da forca. O desafio é descobrir a palavra sabendo o número de letras, contudo apenas têm sete tentativas para a descobrir.

3.4.2 Narrativa e Modos de Jogo

O ser humano é curioso por natureza e quando lhe é dado um enigma ou um objetivo, aplica-se para tentar descobrir a solução. Uma aplicação com uma história misteriosa e com um objetivo em Realidade Aumentada permite incentivar o utilizador a ficar imerso no ambiente. Assim, combinando isto com vários utilizadores é possível investigar as interações mais benéficas em Realidade Aumentada num sistema colaborativo.

Os utilizadores interagem com o avatar virtual para disputar a sua atenção, contudo para motivar o utilizador, o sistema contém uma narrativa com uma missão para completar. A missão é baseada num sistema de pontos. Uma interação quer seja ação curta ou longa implica o ganho de um determinado número de pontos. Os utilizadores conseguem obter mais pontos com ações longas ou com ações curtas de quatro toques no ecrã.

Existem diferentes tipos de modos para interações com o avatar. Quando o utilizador inicializa a aplicação, tem duas opções de escolha, o Modo Toques e o Modo História. Dentro da História tem o Modo Avatar e Modo Surpresa.

Modo Toques - Quando o utilizador clica no Modo Toques não tem qualquer informação sobre como interagir com o avatar, ou seja, a chave neste modo é a descoberta das possíveis ações curtas que permitem interagir com o avatar. Durante as interações em grupo, cada utilizador compete pela atenção do avatar enquanto executa as ações curtas descobertas.

Modo História - Quando o utilizador clica no Modo História é-lhe apresentado a narrativa com a apresentação do desafio: interagir com o avatar para perfazer 20 pontos. Este modo é um modo de ligação para dois modos: o Modo Avatar e o Modo Surpresa. Mas antes de chegarem a estas opções de escolha, os utilizadores realizam um pequeno tutorial onde executam algumas ações que irão executar nestes dois modos. No **Modo Avatar**, o utilizador interage com o avatar virtual enquanto tenta atingir a missão proposta na narrativa. Esta pode ser completada rapidamente caso o utilizador perceba que certas ações curtas lhe permitem ganhar mais pontos. No **Modo Surpresa**, o utilizador tem a possibilidade de realizar ações curtas e/ou ações longas. Nas ações longas são apresentadas caixas de texto para explicar o minijogo e guiam o utilizador. É de notar que caso o utilizador escolha um minijogo, a possibilidade de ganhar mais pontos é maior.

O sistema é centrado num marcador de RA, contudo são utilizadas dois marcadores, um é o principal e o outro é manipulado numa ação longa. Esses marcadores são observados na Figura 3.2. Ambos foram criados com o propósito de coligar a narrativa com o mundo virtual. A Figura 3.2(a) representa o marcador de RA central do sistema criado com o intuito de ter cores vibrantes e elementos visuais que sejam atrativos para o utilizador. Quando detetado pela câmara, o utilizador consegue visualizar pelo seu dispositivo um avatar virtual e conteúdo virtual como estantes, mesas e plantas. Todo o conteúdo virtual bem como os elementos da figura estão ligados com o enredo e com os minijogos. A Figura 3.2(b) representa um marcador de RA disponível no espaço físico dos utilizadores. Este marcador é manipulado pelos utilizadores num minijogo específico e tem o objetivo



(a) Marcador de RA principal.



(b) Marcador de RA manipulado numa ação longa.

Figura 3.2: Marcadores de RA do sistema.

de promover a interação entre os utilizadores. A presença deste marcador pode ser estranha e fomentar a curiosidade de alguns utilizadores, mas só quando clicam no minijogo atribuído ao marcador é que conseguem obter uma reação do conteúdo virtual. O intuito é que ao trabalharem e comunicarem uns com os outros consigam perceber que esta peça do puzzle pode ser movimentada, para junto do marcador principal e, desencadear a próxima ação no conjunto de ações do minijogo.

A execução da aplicação começa com uma mensagem a explicar a missão. A missão é a seguinte: o avatar virtual é neto de um arqueólogo e tem o objetivo de encontrar o objeto do conhecimento, um artefacto, que está escondido na cave do avô antes que alguém maldoso encontre esse mesmo objeto. Os utilizadores irão ajudar o avatar virtual a encontrar o artefacto ao atingir a meta de pontos. Os utilizadores ganham pontos sempre que realizam uma ação quer curta ou longa. Algumas ações valem mais pontos, portanto os utilizadores podem chegar mais rapidamente ao objetivo. Uma ação com um grau de complexidade mais elevado equivale a um maior ganho de pontos. Assim, o utilizador pode ganhar pontos quando realiza ações curtas e visualiza o avatar a dançar ou realiza ações longas, os minijogos. Estes permitem que o avatar virtual explore o conteúdo virtual à sua volta para procurar o artefacto enquanto têm um objetivo secundário. Assim, com o objetivo secundário, o utilizador não fica perdido no enredo e há uma ligação com as diversas ações que os utilizadores realizam.

A conexão de vários tópicos nomeadamente a narrativa, o conteúdo visual do marcador, o conteúdo virtual e o avatar virtual permitem que o utilizador crie a ligação do ambiente com a missão que tem de realizar enquanto se diverte a interagir com uma personagem virtual. A narrativa permite assim, dar um incentivo ao utilizador de manipular o sistema. Mas também como a narrativa pode ser modificada no ficheiro configurável, o contexto do sistema muda completamente, tornando-o numa experiência nova para um utilizador que já tenha explorado o sistema.

3.4.3 Colaboração

A conexão dos utilizadores via dispositivos móveis permite que vários utilizadores estejam presentes numa mesma sala física partilhando informação numa sala virtual.

O conceito das salas dos jogos multijogadores é aplicado no sistema. Existem milhões de jogadores online, mas não é necessário jogarem todos juntos e então, são criadas salas virtuais para uma partida e um jogador pode-se juntar a uma sala, desde que não ultrapasse o número máximo.

Ao juntar-se à sala, inicia-se a sessão de utilização que permite a ligação do utilizador com a rede de comunicação. A sala é automaticamente criada e os vários jogadores podem juntar-se a salas aleatórias, pois não há o intuito do utilizador ainda criar uma conta e sala. É um processo que é considerado desnecessário no contexto da aplicação, permitindo obter resultados mais fidedignos quanto à relação de comunicação da interface com os restantes utilizadores. Ou seja, se uma sala virtual fosse criada por vários

Tabela 3.2: Relação entre as ações e os pontos ganhos.

Tipos de Interações		Pontos
Ações curtas	1 Toque no ecrã	1 Ponto
	2 Toques no ecrã	1 Ponto
	3 Toques no ecrã	1 Ponto
	4 Toques no ecrã: Pequeno Caos	2 Pontos
	4 Toques no ecrã: Caos	3 Pontos
	Deslizar o dedo no ecrã	1 Ponto
Ações longas (Minijogos)	MiniJogo Objetos Escondidos	Primeira vez a entrar na ação: 4 Pontos Próximas vezes: 2 Pontos
	MiniJogo Fantasminha	Se acertarem: - todas as perguntas: 4 Pontos - metade das perguntas: 2 Pontos - 1 ou 0 perguntas: 1 Ponto
	MiniJogo Descobrir a Palavra	4 Pontos

amigos, nessa sala só iriam estar esses amigos e assim, os resultados das interações iam ficar contaminados. Outro ponto é: para entrar numa sala é mais fácil clicar num botão em vez de executar todo o processo para criar e juntar-se a uma sala, cumprindo assim um dos requisitos ao apresentar uma aplicação de fácil utilização.

Sempre que um utilizador entra numa sala virtual é-lhe atribuído uma cor única, um identificador. Um utilizador ao realizar uma ação surge uma notificação com o identificador do jogador que realizou a ação e a ação realizada. Esta informação é sincronizada com todos os utilizadores e, assim conseguem perceber quem lançou a ação. É visível qual foi o utilizador que realizou a ação, não só pela notificação, mas também pelo facto da rotação do avatar em direção à pessoa que executou a ação.

Além destas pistas visuais, existem outras que são colaborativas no Modo História, nomeadamente os pontos. O sistema de pontos é colaborativo na sala virtual. A cada ação executada corretamente é obtido um determinado número de pontos. Na Tabela 3.2 pode-se observar os pontos atribuídos a cada ação, quer curta ou longa. Sempre que um utilizador realizar uma ação, os pontos incrementam em todos os dispositivos móveis. Como os utilizadores encontram-se quer no mesmo espaço físico quer na mesma sala virtual no servidor, podem comunicar presencialmente enquanto podem disputar pela atenção do avatar virtual e cooperar no ganho de pontos para completar a missão principal. Se os utilizadores alcançarem a meta estabelecida, terminam a missão.

3.5 Design de Interface

A interface de utilizador, na área de interação pessoa máquina, é onde as interações entre pessoas e máquina ocorrem. As pessoas manipulam o sistema enquanto são produzidos e visualizados efeitos às ações realizadas. Um dispositivo móvel deve ter uma interface

intuitiva de forma a que o utilizador tenha uma experiência facilitada diminuindo o tempo de aprendizagem de como funciona o sistema. A principal interface do nosso sistema são os dispositivos móveis devido à sua portabilidade e versatilidade. Com os avanços tecnológicos, os telemóveis possuem sensores como acelerómetros e giroscópios capazes de rastrear a posição e orientação dos mesmos. Estes também possuem câmaras que são muito importantes em sistemas de Realidade Aumentada devido aos algoritmos de computação aplicados nas imagens.

Os telemóveis são dispositivos muito poderosos em constante evolução quer em termos de *software* e *hardware* e tendo isto em vista, a interface deve beneficiar das características oferecidas, como por exemplo, quando se fala em visualização de fotografias ou vídeos, as pessoas tendem a usufruir da orientação horizontal pela capacidade de visualização e da área de visualização. Outro aspeto, em termos de segurança e estabilidade, é a tendência das pessoas usarem o telemóvel com ambas as mãos. Por outro lado, caso seja apenas usada uma mão, o utilizador pode ter a tendência de alterar entre a mão esquerda e direita, aumentando o erro de rastreamento e deteção do marcador e do avatar virtual. Neste caso, o sistema deve ser desfrutado com uma orientação horizontal tendo atenção à postura das mãos de forma a promover uma melhor e maior imersão e interação.

O *mockup* apresentado na Figura 3.3 mostra a orientação referida, inclusive um marcador com um modelo virtual. O *mockup* apresentado permite que o utilizador usufrua do maior espaço do ecrã de forma a manter as duas mãos e conseguir realizar ações facilmente, como os toques, deslizar o dedo no ecrã ou mesmo o toque em botões. Também, pelo facto, de assim conseguir ter uma maior área de jogo e visualização do modelo virtual e das reações desencadeadas pelo utilizador. O menu no canto direito é composto por três botões com diferentes opções. Cada botão é uma ação longa e toda a área visível, excluindo o menu, representa uma área disponível para ações mais simples, os toques e deslizes no ecrã. Essa área é representada pela área amarela da Figura 3.3. Enquanto que

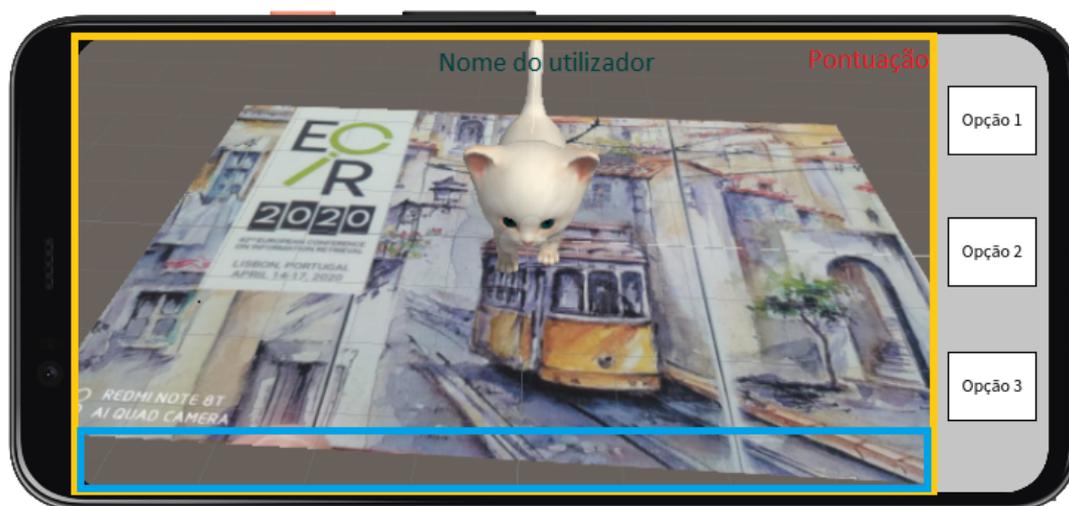


Figura 3.3: *Mockup* inicial para o sistema.

a área azul representa o espaço para apresentar notificações relativas às ações. Relativo à parte de colaboração, o utilizador consegue visualizar o seu nome e os pontos da missão ganhos por todos os utilizadores ao interagir com o avatar. Este método de divisão da área útil do ecrã entre as ações curtas e longas aumenta a usabilidade e facilidade do utilizador ao interagir com a interface.

Relativamente a melhorar a experiência e imersão do utilizador, para além da interface, pensou-se nas dimensões e no design dos marcadores de RA, observados na Figura 3.2. Como referido na subsecção 3.4.2, os marcadores foram construídos e pensados de forma a ligarem o sistema com a narrativa. Também não podem apresentar um formato simples, nem simétrico ou aborrecido como um QR Code. Como os dois marcadores têm objetivos diferentes, as dimensões também são diferentes. Quanto ao marcador principal, Figura 3.2(a), impresso, em A2, tem o intuito de promover o realismo do avatar virtual e do restante conteúdo virtual e de proporcionar ao utilizador uma crescente emoção de experienciar cada vez mais o sistema. Quanto ao outro marcador, Figura 3.2(b), está disponível para o utilizador pegar e mover, portanto não convém ter grandes dimensões de forma a que o utilizador consiga realizar a ação sem esforço. Outro aspeto a notar é que estes marcadores são impressos logo existiu a consideração relativa às condições de impressão, nomeadamente, ao reflexo da luz no papel impresso.

Concluindo, com as considerações acima referidas para o design da aplicação, é possível definir os testes de avaliação relativamente à interface. Os testes são baseados em termos funcionais e visuais, isto é, tentar perceber o que melhor resulta para uma interface em Realidade Aumentada em termos de design e se este é intuitivo para o contexto da aplicação. Assim, previamente à implementação são realizados *mockups* que são o guia para o design final da aplicação. Os *mockups* são pensados em função da satisfação do cliente e da usabilidade do sistema. Qualquer sistema desenvolvido tem atenção ao cliente e assim, os testes de utilizador nomeadamente em termos de usabilidade são importantes para o sucesso de uma aplicação e, por isso, serão realizados e explorados no Capítulo 5.

3.6 Sumário

Neste capítulo foram apresentados o desenho do sistema e os seus principais conceitos, explorando detalhadamente os requisitos e considerações a ter em conta. Um sistema que permite um ambiente colaborativo deve fornecer uma interface intuitiva bem como um servidor consistente que permite a sincronização de informação através de diferentes dispositivos móveis com sistema operativo Android. Para este sistema colaborativo com este tipo de interações e este tipo de narrativa foi apresentada uma arquitetura inicial juntamente com diretivas para a construção da interface com a ajuda de criação de *mockups* prévios à implementação.

Nos testes de utilizadores, o sistema implementado deve permitir aos utilizadores a confortabilidade e confiança na utilização da aplicação quando experimentam os diferentes tipos de interações. Como o utilizador interage com o sistema e com os outros

utilizadores é avaliado com diferentes tipos de testes nos diferentes modos do sistema. Os resultados devem ajudar a compreender quais são as ações que são benéficas na interação e as ações que atrapalham o utilizador.

IMPLEMENTAÇÃO

Neste capítulo, é detalhada e explicada ao pormenor a arquitetura do sistema e as tecnologias e ferramentas utilizadas no desenvolvimento do mesmo. As funcionalidades implementadas foram exploradas no Capítulo 3 e as não implementadas vão ser exploradas e analisadas neste capítulo. Um dado a observar é que algumas decisões de implementação durante o desenvolvimento do sistema tiveram como base experiências informais realizadas com utilizadores para verificar a usabilidade de certas ações bem como a observação do *feedback* visual.

O capítulo começa por introduzir uma arquitetura mais complexa em relação à apresentada no Capítulo 3. Seguido da apresentação das tecnologias e ferramentas utilizadas para o desenvolvimento do sistema. Nas próximas secções são exploradas as funcionalidades e as decisões das implementações, bem como as dificuldades encontradas. Também é analisada a interface do utilizador que é um elemento bastante importante para atrair e tornar mais imersiva a experiência dos utilizadores num sistema baseado em dispositivos móveis. Por último, é explorado o ficheiro de configuração onde é possível modificar a narrativa do sistema.

4.1 Arquitetura Implementada

Inicialmente foi desenhada uma arquitetura mais simples, observada na Figura 3.1 do Capítulo 3. Depois de várias interações e desenvolvimentos, é observada na Figura 4.1 a arquitetura cliente/servidor do sistema final. Cada cliente obtém e envia dados para o servidor que é responsável por sincronizar os dados. Cada interação que um utilizador realize na interface de um dispositivo móvel é sincronizada com todos os utilizadores presentes na sala virtual.

A arquitetura do sistema está dividida em várias componentes:

Sistema do Avatar Virtual. Este sistema inclui toda a informação do avatar e do conteúdo virtual que é renderizado nos dispositivos móveis. O conteúdo virtual inclui o avatar virtual e o ambiente virtual explorado detalhadamente na subsecção 4.3. Todas as

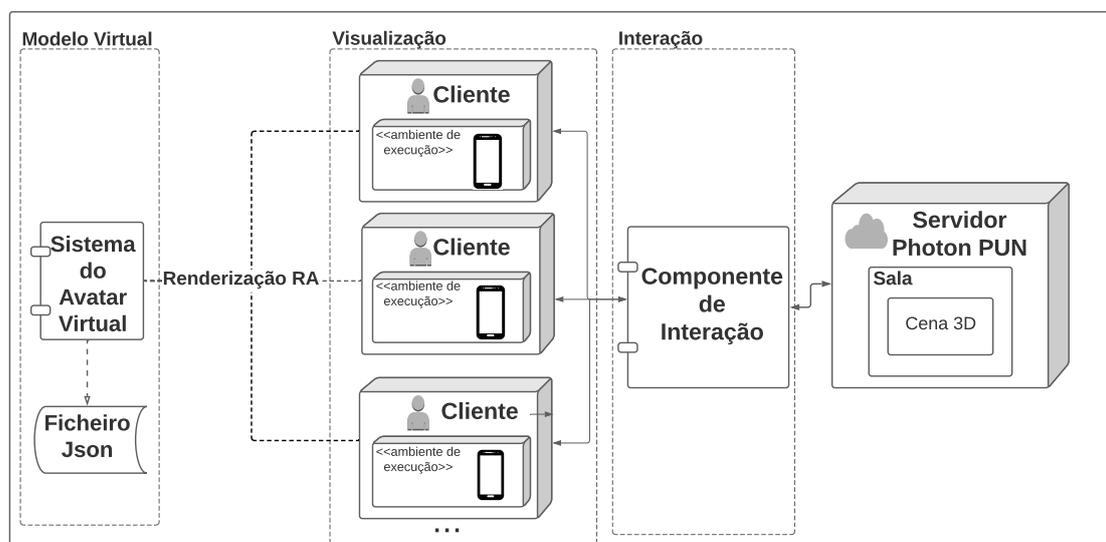


Figura 4.1: Arquitetura do sistema.

informações visíveis que afetam o avatar, como as animações ou as auras, são renderizadas e sincronizadas nos dispositivos móveis.

Cliente. O Cliente representa o utilizador com um dispositivo móvel capaz de executar um sistema em RA. Os clientes partilham o mesmo espaço físico de forma a melhorarem a colaboração presencial. Através da renderização RA, todos os clientes visualizam a personagem virtual e interagem com a mesma no mesmo espaço físico. Caso o mesmo ambiente físico não seja partilhado durante a execução do sistema pode diminuir a eficiência da colaboração. Ao interagirem com o avatar virtual, os dados são enviados para o servidor, Photon PUN e neste são sincronizadas as cenas 3D. É importante notar que os utilizadores podem movimentar-se ao longo do marcador central desde que não influenciem a deteção do marcador pelo sistema. É de notar que na Figura da arquitetura apenas estão representados 3 clientes, contudo o máximo de clientes por sala virtual é de 10 clientes.

Interações. Existem diferentes tipos de interações que são executadas pelo cliente na interface do dispositivo móvel através de informações que chegam ao sistema como toques e deslizes no ecrã ou toques em botões. Todas as interações previamente programadas resultam numa ação executada pelo modelo virtual visualizado em cada dispositivo móvel, em tempo real.

O utilizador ao usar o sistema interage com o avatar virtual em diferentes modos com diferentes interações. Existem interações curtas e longas. As ações curtas são comuns a todos os modos, contudo as ações longas são exclusivas para o Modo Surpresa.

Servidor Photon PUN. O servidor assegura o estado da cena 3D. Cada interação realizada por um cliente é sincronizada no servidor. A informação é enviada e o conteúdo de

visualização 3D é atualizado em todos os dispositivos móveis conectados a uma sala do servidor Photon PUN. O servidor é o responsável por manter a versão da cena 3D de cada cliente atualizada.

Na Figura 4.1, deveriam ser apresentadas várias salas virtuais no servidor, contudo o sistema apenas possui uma sala virtual. Isto porque, todos os utilizadores precisaram de entrar na mesma sala virtual durante os testes de utilizador para garantir a colaboração presencial. Esta sala alberga no máximo 10 participantes. Contudo, o sistema é facilmente alterável para permitir várias salas. Este tópico será novamente abordado na subsecção 4.5.

4.2 Tecnologias e Ferramentas Usadas

Previamente e ao longo da implementação da solução foram utilizadas algumas tecnologias e ferramentas. Abaixo são apresentadas com um pequeno sumário e descrição bem como as vantagens ou desvantagens por serem ou não escolhidas.

Unity. A solução foi implementada usando este motor de jogo devido à sua versatilidade e à capacidade de integração com diversas tecnologias usadas na implementação. A noção de *GameObject* é bastante importante e é a base para todas as entidades numa cena do Unity. Um *GameObject* pode representar o avatar virtual, um objeto na cena, um elemento de som, um elemento de texto, um botão ou qualquer elemento de uma aplicação. A cada *GameObject* podem ser associados componentes que definem o seu comportamento. Existem diferentes tipos de componentes já oferecidas pela plataforma como por exemplo a componente *Transform* que define a posição, rotação e escala do *GameObject*. Caso as componentes genéricas não forem o suficiente para a implementação, existe uma componente, o *script*, que pode ser anexada ao objeto e permite a customização através de código, usando como linguagem C#. Resumidamente, tudo o que é possível ver numa cena do Unity são vários *GameObject* ordenados hierarquicamente.

Vuforia. Um SDK de Realidade Aumentada bastante conhecido que cumpre os requisitos para o desenvolvimento desta solução devido à facilidade de utilização e às capacidades de reconhecimento. Também pelo facto de estar disponível para dispositivos móveis com diferentes sistemas operativos, iOS e Android.

O Vuforia consegue detetar e rastrear imagens através do recurso *Image Targets*, por outras palavras, isto é o rastreamento baseado em marcadores. Os marcadores ou *targets* são guardados na base de dados do Vuforia e lá são extraídas as *features* da imagem para fazer a deteção do mesmo. Quanto maior for o número de *features* na imagem, mais fácil será a deteção da imagem. E assim que for detetada, é renderizado o conteúdo virtual no dispositivo móvel. Na solução, são usados vários *Image Targets* nomeadamente para o marcador principal e para o marcador secundário.

Photon PUN. O Photon é um motor de rede usado majoritariamente para jogos de multijogadores com suporte de integração com o Unity. Com esta ferramenta é possível sincronizar vários tipos de informação como a posição, escala, entre outras, de um *GameObject*, para outros utilizadores em tempo real, desde que estejam na mesma sala virtual. A este tipo de *GameObject* denomina-se por objeto de rede e resumidamente sempre que o objeto é atualizado por um dos utilizadores, a informação é sincronizada com os restantes utilizadores. No Photon existe a noção de *ownership*, onde um utilizador numa sala é o dono do objeto de rede. Neste caso, o primeiro cliente a entrar na sala, o *master client* é o dono do objeto de rede. Os donos são os únicos que podem alterar o comportamento dos objetos de rede. Um exemplo de objeto de rede é o avatar virtual.

Mirror Networking. O Mirror é uma biblioteca de rede suportada pelo Unity que substituiu o UNet. Esta biblioteca é usada para criar jogos pequenos e jogos de multijogadores massivos devido à sua facilidade de programação. No Mirror, os clientes e o servidor estão no mesmo projeto, ou seja, partilham a maior parte do código e têm a mesma perspetiva do mundo do jogo.

O Mirror foi experimentado para contornar a noção de *ownership* do Photon. Contudo, o Mirror não é compatível para dispositivos móveis e assim não foi possível fazer *build* da aplicação do Unity usando a biblioteca.

LitJSON. O LitJSON¹ é uma biblioteca C#.Net que lida com conversões de e para *strings* JSON. O pacote foi importado para o Unity e usado de uma forma relativamente intuitiva a partir do manual disponibilizado.

A biblioteca foi integrada no sistema para auxiliar nas conversões do ficheiro de configuração JSON que irá conter toda a informação relativa à narrativa. A aplicação quando inicializa vai imediatamente buscar a informação necessária ao ficheiro de configuração. Apesar de não estar no âmbito desta tese, a edição deste ficheiro poderia ser facilitada com a criação de uma *framework* para esse fim.

Mixamo. O Mixamo² é uma biblioteca com uma grande coleção de personagens 3D e de animações. As personagens 3D são de alta qualidade e estão prontas a utilizar em qualquer motor de jogo. As animações podem ser editadas para controlar as aparências e os movimentos da personagem. Esta biblioteca foi bastante útil na implementação do sistema devido ao uso de personagens 3D desta biblioteca bem como de animações. Assim, não foi necessário construir um avatar de raiz. A construção de um avatar de origem para ser animado é trabalhosa e por estar fora do escopo desta dissertação considerou-se uma tarefa desnecessária.

¹LitJSON, <https://litjson.net>, último acesso set, 2021

²Mixamo, <https://www.mixamo.com>, último acesso set,2021

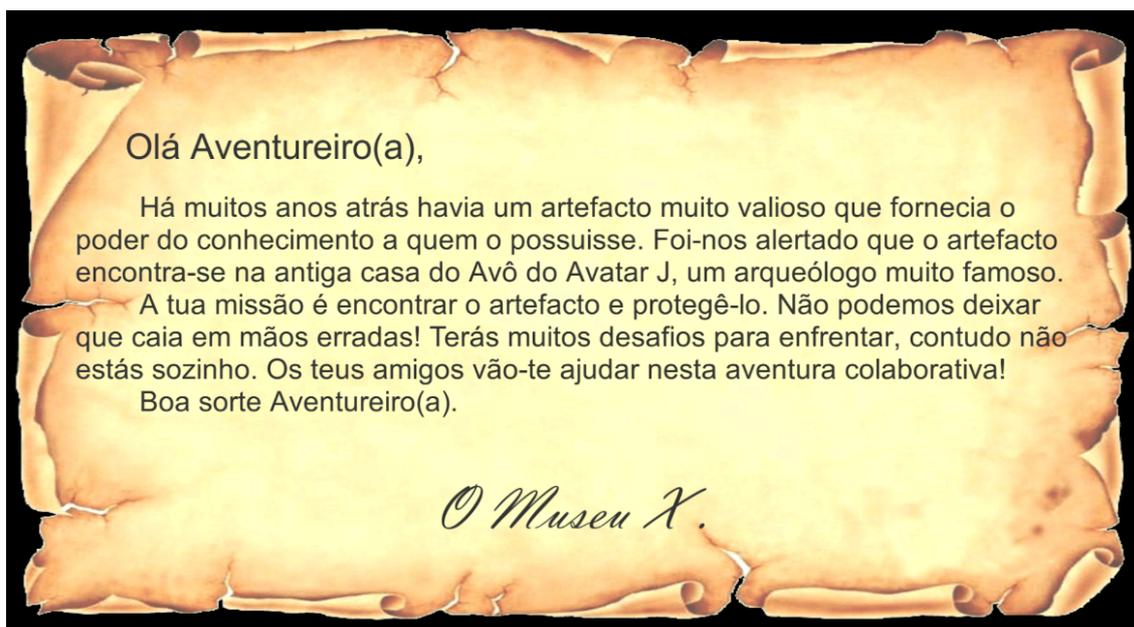


Figura 4.2: Carta inicial com a narrativa do sistema.

Blender. O Blender³ é um programa de código aberto disponível para diversos sistemas operativos para modelação, animação, texturização, composição, renderização e edição de vídeos. Este programa foi utilizado na criação e texturização de uma personagem virtual, o fantasma. O Blender é uma ferramenta fácil de utilizar onde a modelação de um objeto mais complexo torna-se algo simples. Existem outras ferramentas para a modelação de avatares (como por exemplo o Maya⁴), contudo o processo de passagem do Blender para o Unity é elementar devido à compatibilidade das duas plataformas.

Audacity. O Audacity⁵ é um software livre de edição de áudio disponível para vários sistemas operativos. O programa foi utilizado na edição de músicas para as ações curtas. Cada música foi tratada e editada de forma a ser sincronizada com a animação.

4.3 Narrativa e Caso de Estudo

Um cenário ou uma narrativa numa aplicação são importantes para cativar os utilizadores a experienciar um sistema que não conhecem. Uma narrativa que incentiva os utilizadores a atingirem uma missão. O pensamento da narrativa para o sistema foi focado em aplicações exploradas na secção 2.2.2, nomeadamente o The Speaking Celt. Neste caso é interessante a temática da aplicação onde um avatar virtual interage com os utilizadores ao contar-lhes histórias sobre o museu e sobre si mesmos.

³Blender, <https://www.blender.org>, último acesso set, 2021

⁴Maya, <https://www.autodesk.com/products/maya/overview>, último acesso set, 2021

⁵Audacity, <https://www.audacityteam.org>, último acesso set, 2021



Figura 4.3: Opções de personagens principais para o sistema.

Relativamente ao ambiente virtual, na fase de experimentação das tecnologias foram explorados alguns cenários na *asset store* do Unity. O cenário que se destacou foi uma cave feita de pedra com imensas estantes, livros e mesas com utensílios de experiências científicas. Com o cenário e com a inspiração da aplicação descrita acima foi criada a história e apresentada numa carta antiga como observado na Figura 4.2.

Na história, o avatar virtual denominado por Avatar J desempenha um papel muito importante e por isso foi analisado cuidadosamente qual o avatar a utilizar. De todas as personagens analisadas, foram escolhidas quatro opções viáveis mostradas na Figura 4.3. Contudo, as opções do meio foram excluídas pois uma não conectava com a narrativa e a outra não conectava em termos visuais com algumas animações que seriam fundamentais para as funcionalidades. Assim, sobraram 2 opções, a primeira e a última personagem da Figura 4.3. No início, ficou estipulado a implementação de um cenário para o utilizador seleccionar entre os dois avatares. Esse avatar virtual iria acompanhar o utilizador nesta aventura, contudo o objetivo não foi implementado, ficando assim o último avatar como o avatar central do sistema. A implementação com os dois avatares nunca ocorreu pois achámos que não seria um ponto a focar visto que o estudo principal nesta dissertação tem o cerne nas interações colaborativas independentemente do tipo de avatar. Assim, na Figura 4.4 são visualizadas as personagens finais do sistema, a primeira imagem é a personagem principal, o Avatar J.

As duas primeiras personagens foram retiradas da biblioteca do Mixamo enquanto que o fantasma foi criado no Blender. Por meio de um conjunto de *meshes* constituídas por vértices, arestas e faces foi possível construir um modelo semelhante a um fantasma. Essas *meshes* foram trabalhadas para deixar a geometria simples e suave. No fantasma foi usado o modo de esculpir para deixar um aspeto mais natural ao tecido do fantasma, como as ondas centrais. No modo de esculpir em vez de lidar com elementos individuais (vértices, arestas e faces), uma área do modelo é alterado com um pincel. Em outras palavras, em vez de seleccionar um grupo de vértices, o modo manipula a geometria na



Figura 4.4: Personagens finais do sistema.

região de influência do pincel. Depois do modelo concebido, é criada uma textura para o mesmo e é exportado para o Unity.

Com a missão principal definida foram analisadas duas alternativas para encontrar o artefacto que resultam em dois sistemas completamente diferentes. A primeira alternativa seria construir um sistema focado em movimentar certos objetos virtuais, como uma bola, onde o avatar decidiria através de um algoritmo a que utilizador dar atenção. Esse algoritmo seria baseado no maior tempo de interação com a bola ou no tipo de movimento (rápido ou lento) no ecrã. A segunda alternativa era um sistema centrado no ganho de pontos com interações baseadas em toques no ecrã. Comparando as duas alternativas, a primeira apresentava um problema com o tempo de espera para visualizar uma reação no avatar virtual além de ser uma atividade que após algum tempo ficaria monótona. Então, foi escolhida a segunda para o nosso sistema.

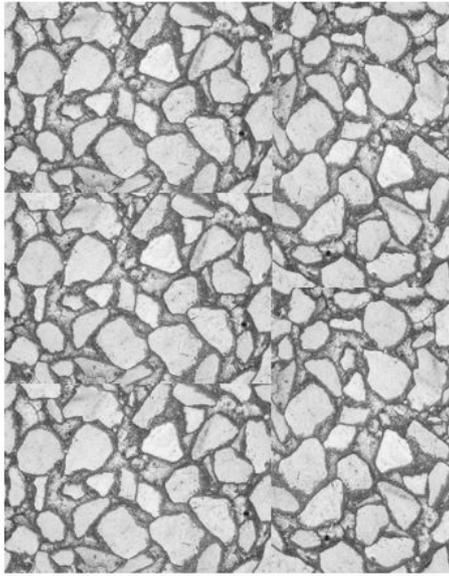
O utilizador é guiado pelo avatar virtual ao longo do sistema através de um discurso com informação visual como mostrado na Figura 4.5. Os discursos aparecem em diversas etapas: no início (quando o utilizador executa a aplicação e é detetado o marcador de RA), no tutorial e antes de cada minijogo. O discurso inicial tem como intuito de apresentar o avatar e expor a possibilidade dos utilizadores poderem escolher entre dois modos, o modo com história e o modo sem história (Modo Toques). O discurso do tutorial fornece mais informações sobre os Modos Surpresa e Avatar e sobre o sistema de pontos. Os utilizadores para ganharem pontos precisam de interagir com o avatar e completar a missão apresentada na carta da Figura 4.2. Os discursos antes dos minijogos têm o intuito de fornecer aos utilizadores uma breve descrição de qual é o objetivo do jogo. Os diálogos e as animações que são executadas quando um utilizador clica num minijogo conectam os minijogos com objetos secundários ao objetivo principal. No caso do minijogo dos objetos



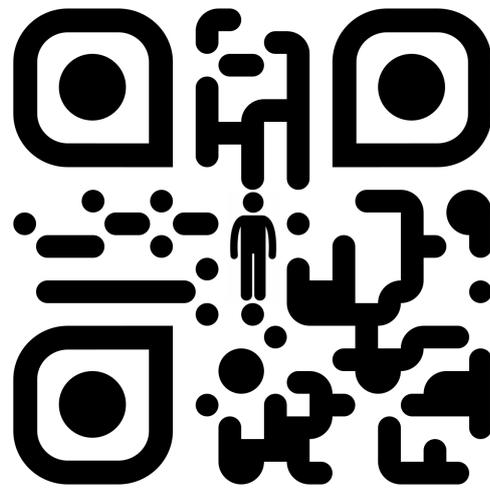
Figura 4.5: Exemplo do avatar virtual a guiar o utilizador através de mensagens.

escondidos, o objetivo deste é procurar a chave para abrir o baú. Começa com o avatar virtual a movimentar-se em direção ao baú, a movimentar-se novamente para a posição inicial e informar ao utilizador que o baú se encontra fechado, mas que a avó deve saber onde está a chave. Se o utilizador interagir com o marcador de RA da avó recebe a pista de que a chave se encontra nas estantes. O utilizador ao clicar na estante, entra num cenário com conjunto de objetos para descobrir seguindo a lista de palavras que lhe é fornecida no ecrã. No caso do minijogo do fantasma, o avatar virtual desce num alçapão para uma divisão abaixo da cave. Nesta divisão vive um fantasma que concede pontos para a missão se responder às perguntas corretamente. O ganho de pontos é apresentado na Tabela 3.2. Neste minijogo, foi alterado o avatar virtual para apresentar um conteúdo visual dinâmico e para expandir a narrativa. Além disso, a história é interligada com o efeito visual apresentado no cenário onde o utilizador tem a perspetiva que está a ver o conteúdo virtual noutra divisão. Este efeito, o efeito janela, é explorado na secção 4.3. No caso do minijogo de descobrir a palavra, o avatar virtual simplesmente joga com o utilizador ao tradicional jogo da forca. Contudo, em vez de perder membros, perde vidas.

A narrativa também foi incluída nos marcadores de RA. Estes tiveram uma evolução muito drástica relativamente aos marcadores iniciais observados na Figura 4.6. Como referido acima, o cenário baseado para o sistema foi uma cave em pedra e o primeiro marcador criado tinha o aspeto semelhante a pedra como visualizado na Figura 4.6(a). O marcador não tinha um aspeto apelativo, tinha um aspeto monótono com poucas cores vivas. A introdução de cores e de outros elementos no marcador de RA tornaram-no mais atrativo para experienciar o sistema. Para a ação com a avó foi pensado num QR Code personalizado, contudo houve o mesmo problema com a simplicidade e as cores. Uma tentativa que acabou por resultar, se caso houvesse algumas *features* detetadas pelo Vuforia num retrato do avatar virtual da avó, então seria utilizado um marcador de RA com o retrato. Obviamente que um QR Code apresenta mais *features* que o marcador



(a) Marcador principal.



(b) Marcador usado numa ação.

Figura 4.6: Marcadores de RA utilizados no sistema no início do desenvolvimento.

de RA da avó, contudo este último marcador pode ajudar os utilizadores a perceberem quando o devem utilizar com a ajuda dos discursos e da narrativa.

Assim, todos os discursos do Avatar J permitem guiar os utilizadores pelo sistema e a narrativa proporciona o incentivo competitivo a cada utilizador para completar um objetivo que lhes foi proposto, isto é, encontrar o artefacto valioso com interações com o avatar que equivalem a pontos. Os discursos, as personagens, o marcador e a narrativa estão interligados otimamente para fornecer um sistema coeso aos utilizadores.

4.4 Interface do Utilizador

A comunicação e a interação com o avatar virtual só são possíveis com uma interface. Através desta, o utilizador desencadeia ações usando os *inputs* da interface, mas também recebe informação para contextualizar o utilizador, como por exemplo quando uma ação termina e é concluída com sucesso, os pontos aumentam e há a emissão de um som, mostrando assim ao utilizador que a ação que ele desencadeou teve resultados positivos.

O conteúdo visual da interface em dispositivos móveis deve ser útil e organizado de forma a que a informação seja apresentada apenas quando for necessária. A informação inútil para qualquer tarefa deve ser escondida para tentar economizar o espaço livre no ecrã. Sendo um sistema em RA, a economia do espaço é importante pois existe a preocupação com o espaço de visualização do conteúdo real combinado com o espaço ocupado por botões, caixas de texto, ícones e outras informações. Apesar de não estarem visíveis, existem interações que não precisam de botões, mas são baseados no movimento do toque como a ação curta de deslizar o dedo no ecrã. Todas as interações que os utilizadores

realizam como avançar o diálogo ou realizar ações curtas forçam uma reação no sistema.

Caixas de Texto

Desde que o utilizador deteta o marcador de RA, aparece na interface uma caixa de texto onde é introduzido o discurso do Avatar J para guiar o utilizador ao longo do sistema. O utilizador é guiado através de informações acerca dos modos e da narrativa e explicações sobre os minijogos. Como a caixa de texto aparece em vários cenários, o tamanho desta tem de ser equilibrado para os utilizadores visualizarem claramente o avatar virtual enquanto leem a informação como é observado na Figura 4.5. No discurso do avatar virtual é utilizado um efeito de escrita para apresentar o texto de uma forma mais polida e trabalhada ao utilizador.

Uma caixa de texto que ocupa quase metade do ecrã é a caixa das perguntas com as quatro hipóteses de resposta no minijogo do fantasma. Como o minijogo é focado nas perguntas, a prioridade é igualmente dividida entre a visualização do texto e a visualização do conteúdo virtual. Os discursos do utilizador apenas aparecem em situações estratégicas nomeadamente no início, no tutorial e nos minijogos.

Botões

Ao longo do sistema aparecem diferentes botões, primeiramente antes de entrar em cada modo, existe um botão que permite ao utilizador avançar para frente. Esse botão aparece em três situações:

- No discurso inicial, em menos de um segundo, aparece o botão de avançar “*SKIP*”, como mostrado na Figura 4.5. Assim, o utilizador pode pular para o menu de escolha entre o Modo História e o Modo Toques sem ler o diálogo inicial.
- Na carta inicial, após dois segundos, aparece o botão de avançar. Caso o utilizador carregue no botão, o efeito de escrita do texto termina e aparece o texto completo como observado na Figura 4.2. Após três segundos, avança para o próximo cenário, o tutorial.
- No tutorial, em menos de um segundo, aparece o botão de avançar, que permite ao utilizador pular a realização do tutorial e ir para o menu de escolha entre o Modo Avatar e o Modo Surpresa.

No tutorial e no minijogo do fantasma é apresentado o botão do microfone com as mesmas características. Este botão muda de cor consoante o clique, ou seja, o estado inicial é a cor vermelha e o estado variante é a cor verde. No minijogo do fantasma, o utilizador vai interagir mais vezes com o botão do microfone e, por isso, este botão foi posicionado no canto direito pois como o utilizador se encontra com o telemóvel na posição horizontal, os botões perto dos cantos aumentam a confortabilidade do utilizador. Em todos os minijogos e em todos os modos existe um botão que permite voltar para o

cenário anterior. Este botão situa-se no canto superior esquerdo devido à mesma razão mencionada acima.

No Modo Surpresa existe um menu no canto direito que permite aceder aos minijogos. O menu foi estabelecido numa zona prática, lembrando que a posição predefinida é horizontal e, por conseguinte, para manter a posição das mãos é preferível que qualquer opção clicável esteja perto das margens do ecrã. A dimensão do menu também permite que os ícones em cada botão sejam perceptíveis. Isto é importante pois cada ícone de cada botão do menu fornece um contexto ao minijogo. Foi pensado em ter um menu com apenas um botão que quando se clicasse aparecia os botões para as ações longas. Contudo isso contraria o propósito de toda a informação útil para as interações do avatar estar presente e visível na interface do utilizador. Por último, o menu com botões dos modos, mencionados nos pontos acima, apresentam dimensões maiores no ecrã do utilizador para coagir o utilizador a escolher entre uma das opções fornecidas ao utilizador. No minijogo dos objetos escondidos no Modo Surpresa aparece um botão que ajuda o utilizador ao dar-lhe uma pista caso não consiga ou não saiba como interagir com o marcador de RA da avó. Este botão encontra-se no canto superior direito com o ícone de um ponto de interrogação para ser intuitivo para o utilizador que aquele botão fornece algum tipo de ajuda.

Ícones

Os ícones visualizados no sistema são informações úteis para o utilizador durante o tempo que seja necessário como o caso do ícone da Figura 4.7(a). Este é o identificador do utilizador que muda de cor consoante o nome atribuído, por exemplo, se o identificador do utilizador fosse "Jogador Rosa", a cor do ícone seria rosa. A dimensão do ícone é visível no canto inferior com uma dimensão considerável devido à importância do mesmo pois sempre que um utilizador realiza uma ação curta no sistema é apresentada uma notificação com o identificador do utilizador e a ação curta que foi realizada. Assim, o utilizador consegue perceber quem executou a ação e fomentar a colaboração entre os utilizadores. Este tópico é novamente abordado na secção 4.5.

Outros ícones importantes são aqueles que fornecem mais *feedback* ao utilizador, nomeadamente quando utilizador acerta ou erra alguma tarefa. No tutorial, o utilizador precisa de completar várias etapas e se cada etapa for completada com sucesso aparece um ícone positivo com uma cor positiva. Se a etapa não for completada com sucesso aparece um ícone negativo com uma cor negativa. Estes ícones são mostrados na Figura 4.7(b). Estes ícones foram escolhidos para incentivar emoções no utilizador e para fornecer uma interface clara para qualquer utilizador.

Como referido no Capítulo 3, o sistema é baseado por uma classificação de pontos. Esse sistema é representado na interface por um ícone de uma estrela e com o contador dos pontos ao lado. A ideia da estrela foi para o sistema ser intuitivo pois imensos jogos famosos, por exemplo o Angry Birds ou Cut the Rope, ou um exemplo dado no Capítulo 2, o Shelf Stack, que também possuem as estrelas ou pontuação como motivação para uma



Figura 4.7: Exemplos de ícones no sistema.

tarifa concluída com sucesso. O minijogo de descobrir a palavra possui um sistema de vidas. Essas vidas são representadas por um coração e com o contador das vidas. Sempre que o contador decrementa, este é atualizado. Os sistemas de classificação de pontos e de vidas são apresentados na Figura 4.7(c) e 4.7(d), respetivamente.

Outras informações

No sistema existem diferentes tipos de notificações que apareçam na interface, nomeadamente:

- Notificação de entrada no modo. É usada sempre que um utilizador entra na sala virtual de cada modo para informar o utilizador qual é o seu identificador no modo.
- Notificação do tipo de ação realizada. É usada sempre que um utilizador realiza uma ação na interface quer através de movimentos no ecrã quer através de cliques em botões. A notificação fica visível durante a animação do avatar virtual para ações curtas e para as ações longas fica visível até entrar no cenário do minijogo.
- Mensagens no tutorial. É usada uma imagem e o texto da ação a realizar através de uma mensagem. A mensagem aparece após terminar o efeito de escrita na mensagem do discurso e o utilizador só avança para a próxima etapa do tutorial caso



Figura 4.8: Composição das mensagens de ações do tutorial.



Figura 4.9: Exemplo do ecrã do utilizador enquanto o sistema não deteta o marcador.

realize corretamente a ação. O tutorial é um conjunto de ações visualizadas na Figura 4.8.

- Mensagem de dicas. É usada uma imagem com um ícone de uma lâmpada a dar dicas de como interagir com o avatar virtual caso o utilizador não interaja com o sistema num espaço de vinte segundos.
- Mensagem de ajuda no minijogo dos objetos escondidos. É usada uma mensagem de ajuda quando o utilizador carrega no botão de ajuda. Esta mensagem tem o intuito de ajudar o utilizador quando este não consegue interagir com o marcador de RA da avó.
- Dica da avó. É usada no minijogo dos objetos escondidos quando aparece uma imagem com uma mensagem em texto da avó. A mensagem cobre quase na totalidade o ecrã do utilizador devido à importância que tem para continuar o minijogo (Ver Figura 4.15).
- Mensagem respostas corretas no minijogo do fantasma. É usada uma imagem com texto no final do minijogo para informar o utilizador de quantas respostas acertou.
- Penalização no minijogo dos objetos escondidos. Aparece uma imagem de cor vermelha com uma mensagem a informar da penalização. Mais detalhes são encontrados na secção 4.6.
- Marcador não detetado. É usado enquanto o dispositivo móvel não deteta o marcador de RA central (Ver Figura 4.9). Após detetar o marcador, a animação da imagem central deixa de rodar ao longo do eixo dos y's. A imagem e esta animação tem o intuito de informar o utilizador que precisa de procurar uma imagem para obter uma reação do sistema.

4.5 Partilha de ambiente físico pelos vários utilizadores

O sistema é experienciado presencialmente por vários utilizadores com dispositivos móveis e para isso é necessário um servidor que sincronize as informações em tempo real.

Nesta secção são explorados os diversos tipos de informações que o sistema fornece a cada utilizador para ajudar nas interações presenciais denominadas por pistas visuais. Estas pistas virtuais permitem fornecer informações relativas aos outros utilizadores nomeadamente todos os utilizadores conseguem visualizar a pontuação, todos os utilizadores conseguem perceber quem despoletou as ações e cada utilizador consegue perceber qual é o seu identificador. Assim, sempre que um utilizador realiza uma ação, aparece uma notificação com a ação e o identificador de quem realizou a ação, o avatar virtual dança na direção do utilizador que despoletou a ação e o número de pontos incrementa. Para garantir esta colaboração no sistema foi usado um motor de rede compatível com o Unity, o Photon PUN.

Salas Virtuais do Photon PUN

O servidor é baseado em salas virtuais que albergam vários utilizadores, entre 2 a 16, contudo teoricamente o limite de pessoas por cada sala é maior. O limite é fixado devido à performance. Quanto maior o número de clientes, maior é o tráfego de dados em cada sala. O limite de clientes por cada sala no sistema é de dez clientes. De acordo com a implementação atual, é criada apenas uma sala no servidor para cada modo. Isto porque, tem de se garantir que durante os testes de utilizador, os participantes entrem na mesma sala e, por isso foi apenas criada uma sala virtual. Contudo, foi implementado código para criar múltiplas salas que se encontra comentado nos *scripts* do sistema. Na Listagem 4.1 são apresentados exemplos do código implementado na criação de uma e de múltiplas salas virtuais no Photon PUN para cada modo.

Listagem 4.1: Criação de uma ou múltiplas salas virtuais.

```
1 //Multiple Rooms - Cria multiplas salas virtuais
2 string roomName = "RoomSurpresa" + Random.Range(0,1000);
3 ...
4 PhotonNetwork.JoinOrCreateRoom(roomName, opts, Photon.Realtime.TypedLobby.Default);
5
6 //Solo Room
7 string roomName = "RoomSurpresa";
8 ...
9 PhotonNetwork.JoinOrCreateRoom(roomName, opts, Photon.Realtime.TypedLobby.Default);
```

Um *GameObject* que possui a componente de *PhotonView* é um objeto identificado na rede. O avatar virtual é um objeto de rede. Se fosse um jogo de vários jogadores era feita uma instância do avatar virtual para cada cliente, contudo o objetivo do sistema é que todos os clientes consigam interagir com o mesmo avatar. Este motor de rede tem a noção de dono e controlador do objeto de rede. A transferência de dono pode ser: fixa (nunca muda), roubada (outro cliente assume o controlo), ou pedida (realiza um pedido para transferir a pose do avatar). Inicialmente, o sistema foi implementado seguindo a lógica da pose do avatar ser roubada. Contudo, não resultou, pois, o objetivo é que o avatar possa

receber os vários pedidos de todos os utilizadores e tratá-los e, com esta lógica só foram recebidos pedidos de um utilizador. Quando o dono é nulo, então o dono e controlador do objeto de rede é o cliente mestre. Um cliente mestre tem funções especiais de gestão e sincronização no objeto de rede. Só existe um cliente mestre por sala. O primeiro cliente a entrar na sala fica como cliente mestre, apesar do mesmo não saber que tem este estatuto. Os outros clientes que entram na sala são clientes normais. Caso o cliente mestre saia da aplicação, o estatuto é atribuído a um cliente aleatório presente na sala virtual. Com isto surgiu outro problema, toda a informação realizada pelo cliente mestre era sincronizada com os restantes, mas a informação dos clientes normais não era sincronizada nem para o cliente mestre nem para os outros clientes. A solução foi sincronizar toda a informação através de *Remote Procedure Call (Chamada de Procedimento Remoto) (RPC)*. Como diz o nome, os RPC são chamadas que invocam uma execução de um método noutra dispositivo móvel ligado por rede na mesma sala virtual.

Observando a Listagem 4.2, se a ação selecionada pelo sistema for um toque no ecrã então é enviado para todos os clientes o método da Listagem 4.3. Um método que possui o atributo “**PunRPC**” permite que toda a informação relativa ao objeto de rede com o identificador específico seja sincronizada com todos os clientes, inclusive o cliente mestre.

Listagem 4.2: Chamada de um método RPC do objeto de rede em todos os clientes da sala.

```
1 ...
2 if (action == "1")
3 {
4     photonView.RPC("CoroutineActionOne", RpcTarget.All, false, name);
5     ...
6 }
```

Listagem 4.3: Todos os clientes executam este método RPC apenas no objeto de rede com o identificador photonView da Listagem 4.2.

```
1 [PunRPC]
2 void CoroutineActionOne(bool extra, string name)
3 {
4     ...
5 }
```

Identificador do Utilizador

A partilha do mesmo espaço físico implica que a informação fornecida ao cliente seja explícita e clara. Assim, sempre que um utilizador entra numa sala virtual aparece um cartão de boas vindas, como observado na Figura 4.10(a), com o identificador na rede. Cada utilizador quando entra numa sala, tem um identificador de cor. As cores possíveis são: Amarelo, Vermelho, Verde, Branco, Preto, Azul, Rosa, Cinza, Roxo e Laranja. Consoante a cor atribuída ao utilizador, o ícone muda para a cor correspondente. Assim, o

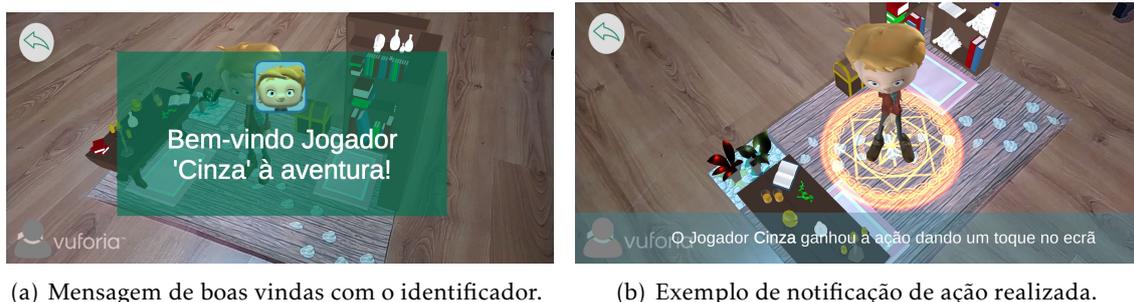


Figura 4.10: Mensagens relevantes com o identificador do utilizador.

utilizador consegue visualizar sempre qual é o seu identificador. Isto é relevante porque sempre que um utilizador realiza uma ação, aparece uma mensagem durante a animação do avatar, como mostrado na Figura 4.10(b), a informar qual a ação e o identificador que gerou a reação. Nas ações longas esta mensagem de notificação apenas refere que o próprio utilizador e os restantes vão para o minijogo independentemente de quem tenha lançado a ação.

Método para guardar estado do sistema entre cenas no Unity

O Modo Surpresa é um conjunto de várias cenas no Unity. Uma cena é o espaço onde se trabalha com o conteúdo do Unity. Várias cenas permitem que haja uma maior organização, mas também pode originar problemas, nomeadamente em guardar os pontos dos utilizadores quando há a passagem entre cenas. Quando uma nova cena é carregada, destrói todos os objetos da cena atual e inicializa os objetos da nova cena. Assim, destrói o objeto que guarda os pontos. Para contornar este problema foi criada uma classe singleton que não é destruída entre cenas através da expressão " *DontDestroyOnLoad(GameObject)*". O singleton tem vários propósitos, especificamente para saber o estado de cada minijogo e para guardar os pontos e o identificador do utilizador. A Listagem 4.4 apresenta a classe e as suas variáveis. As variáveis de cada minijogo servem para quando os utilizadores completarem o minijogo e voltarem à cena principal do Modo Surpresa ganharem os pontos. Assim, também é uma forma de verificar se os utilizadores já entraram alguma vez no minijogo dos objetos escondidos. A primeira vez que os utilizadores entram neste minijogo têm o objetivo de encontrar a chave. Na segunda vez, os utilizadores vão logo para os objetos escondidos porque o objetivo secundário, encontrar a chave, já foi concluído na primeira vez que completaram o minijogo corretamente. Outro exemplo, é no minijogo de descobrir a palavra, o singleton guarda se os utilizadores descobriram a primeira palavra corretamente. Caso seja negativo, a primeira palavra continua a aparecer até ser descoberta. Caso seja positivo, a próxima vez que o utilizador entrar no minijogo aparecerá uma nova palavra.

Listagem 4.4: Classe Singleton que não é destruída pelo Unity.

```
1 public class InfoToPass : MonoBehaviour
2 {
3     public static InfoToPass Instance { get; private set; }
4
5     public string PlayerName;
6     //save points
7     public int scoreValue;
8
9     //this bool is for verify if a player already have a key
10    public bool haveKeyFromBau;
11    //this bool is for verify if a player come from hidden objects scene
12    public bool comeFromHiddenObjectScene;
13    //this bool verify if already have key and shelf is active for click
14    public bool activeShelf;
15
16    //verify if come from scene hangman and the word is correct
17    public bool comeFromHangmanAndCorrectWord;
18    //verify if from scene hangman completed first word
19    public bool completedFirstWord;
20
21    //verify if come from TalkScene
22    public bool comeFromTalkScene;
23    //verify if come from TalkScene and answer to all questions correct
24    public bool correctAll4Answers;
25    //verify if come from TalkScene and answer to half questions correct
26    public bool correct2Answers;
27    //verify if come from TalkScene and answer to one or zero questions correct
28    public bool noneCorrectAnswers;
29
30    private void Awake()
31    {
32        if(Instance == null) //running for first time
33        {
34            Instance = this;
35            DontDestroyOnLoad(gameObject);
36        }
37        else
38        {...}
39    ...
40 }
```

Rotação do avatar virtual em relação à câmara

Um dos aspetos importantes num sistema colaborativo são as pistas visuais enviadas a cada utilizador para lhe dar informações que permitem e desencadeiam a interação

presencial. A rotação do avatar virtual em relação à posição do utilizador é quando um utilizador despoleta uma ação, o avatar vira-se para esse utilizador e isto é uma pista visual colaborativa.

Inicialmente, é necessário descobrir a posição da câmara pois se descobrirmos a posição da câmara, conseguimos descobrir a posição do dispositivo e movimentar o avatar virtual para essas coordenadas. Na Listagem 4.5 é apresentado como é possível a movimentação do avatar em relação à câmara. Inicialmente é obtido um vetor normalizado que representa o eixo dos 'z' da transformação no *world space*. A rotação é realizada ao longo do plano XZ, logo podemos alterar o valor do eixo dos 'y' a zero no vetor que aponta para o utilizador. Só falta inverter o vetor, pois o objetivo é o avatar rodar em direção à pessoa.

Listagem 4.5: Rotação da câmara em relação ao utilizador.

```
1 var dir = Camera.main.transform.forward;
2 dir.y = 0;
3 gameObjectAvatar.transform.rotation = Quaternion.LookRotation(-dir);
```

A rotação do avatar virtual é utilizada entre os modos e nas ações curtas. Quando o utilizador inicia a aplicação, é-lhe apresentado um discurso. Caso o utilizador, se movimente ao longo do marcador de RA enquanto lê o discurso, o avatar acompanha-o. Isto, também acontece enquanto o utilizador realiza o tutorial. Em ambas as situações, a sincronização entre dispositivos é inexistente, ou seja, é independente a cada utilizador onde a rotação do avatar é atualizada a cada *frame*. Nas ações curtas, existe a sincronização do movimento através de componentes do Photon, o Photon Animator View e Photon Transform View Classic, com ajuda de RPC's. Neste caso, houve a distinção entre o cliente mestre e os outros clientes. Se o cliente mestre realizou a ação curta então é enviado para os restantes a rotação da Listagem 4.5. Se um dos outros clientes executou a ação então é adicionado graus de desvio. Este foi adicionado porque a rotação do avatar virtual, em ambos os casos, era apresentada com uma margem de erro diferente. O desvio foi arredondando para 5 graus e assim foi corrigido o problema. Na Figura 4.10(b) é observado que o avatar virtual está em direção à pessoa que realizou a ação curta. É de notar que a direção é encontrada no momento do toque no ecrã e por isso se o utilizador se movimentar enquanto a animação decorre, a rotação do avatar permanece e fica a que foi calculada no momento do toque. Quando termina a animação, o avatar virtual volta à posição inicial. Assim, os utilizadores conseguem perceber que o avatar rodou de propósito para o utilizador que realizou a ação.

Marcadores RA num ambiente físico

O sistema é centralizado em marcadores de RA num ambiente físico colaborativo. Na Figura 4.11 é visualizado a posição dos marcadores de RA do sistema numa mesa ou numa posição elevada. Com as dimensões do marcador principal a A2, o marcador



Figura 4.11: Disposição dos marcadores ou marcas de RA do sistema numa mesa.

nunca poderia estar numa posição relativa ao solo pois assim o utilizador teria que se baixar para conseguir visualizar as interações com o avatar. O marcador secundário tem de permanecer a uma distância maior que 30 centímetros para que não seja detetado próximo do marcador principal.

Cada marcador de RA tem uma componente do Unity, um *Collider*, responsável pelas colisões físicas. Esse *Collider*, que é invisível, tem dimensões maiores ao marcador. A personagem da avó tem a componente *Rigidbody* que é essencial, pois permite o comportamento físico do *GameObject*. Assim, sempre que os dois marcadores de RA entram no raio de colisão e se estiverem a ser detetados pelo sistema, os utilizadores recebem a dica da avó na interface. Caso o marcador da avó não esteja próximo do marcador principal, o *trigger* nunca será desencadeado. É de notar que os utilizadores precisam de movimentar o marcador e conversarem entre si para perceberem que precisam de colocar o marcador da avó junto ao marcador principal para obter a pista. Este tipo de interações existe para fomentar a comunicação e ajuda presencial entre os utilizadores.

4.6 Interações em RA com o avatar virtual

Considerando os tipos de interações definidos no Capítulo 3 que foram implementados com o propósito de possuir diferentes tipos de interações com diferentes níveis de complexidade. As ações curtas são simples e serão avaliadas quanto à dificuldade de execução das mesmas e quanto à usabilidade enquanto que as ações longas apresentam mini tarefas mais complexas e têm o propósito de verificar se este tipo de tarefas aumenta a colaboração e comunicação presencial. Quanto aos modos de jogo tiveram o intuito de proporcionar ao utilizador uma experiência nova ou com objetivos acrescentados. Outro aspeto, é a facilitação da separação das diferentes interações em diferentes modos para a recolha de dados nos testes de utilizadores.

As ações curtas são permitidas em todos os modos, contudo as ações longas apenas são permitidas no Modo Surpresa. No tutorial aparecem diversas ações para o utilizador

efetuar à medida que recebe informação através do diálogo do Avatar J, nomeadamente dar um, dois, três toques no ecrã, deslizar para a direita e cima no ecrã e falar no microfone do dispositivo. A Figura 4.8, anteriormente apresentada, é uma montagem com as ações pedidas no tutorial para ajudar o utilizador a perceber algumas das ações que existem no sistema para interagir com o avatar virtual.

4.6.1 Ações curtas

As ações curtas são ações simples que não precisam de várias tarefas para visualizar um efeito no avatar virtual. As ações podem ser de executadas de diversas maneiras, como mostrado na Figura 4.12.

Assim que o utilizador estiver em qualquer modo pode iniciar a disputa do avatar ao executar um ou mais toques no ecrã. Na Figura 4.13 são observados os exemplos das ações curtas no sistema com cinco características comuns a destacar:

- **Animação** - O avatar virtual realiza uma animação retirada do Mixamo. A dança varia consoante o número de toques.
- **Som** - Uma ação representa uma dança com um som característico, por exemplo, um toque equivale à dança da Macarena então a música da Macarena é sincronizada com a dança.
- **Rotação do avatar em direção ao utilizador.**
- **Aura** - Todas as ações curtas apresentam uma aura nos pés do avatar. Uma ação curta corresponde a uma aura com uma cor específica e formato específico.
- **Notificação da ação realizada.**

As auras são utilizadas em videojogos quando uma personagem aparece no jogo ou quando muda de cenário. Para criar uma maior imersão no utilizador foram criadas auras através dum sistema de partículas do Unity. Uma partícula de um conjunto é um objeto

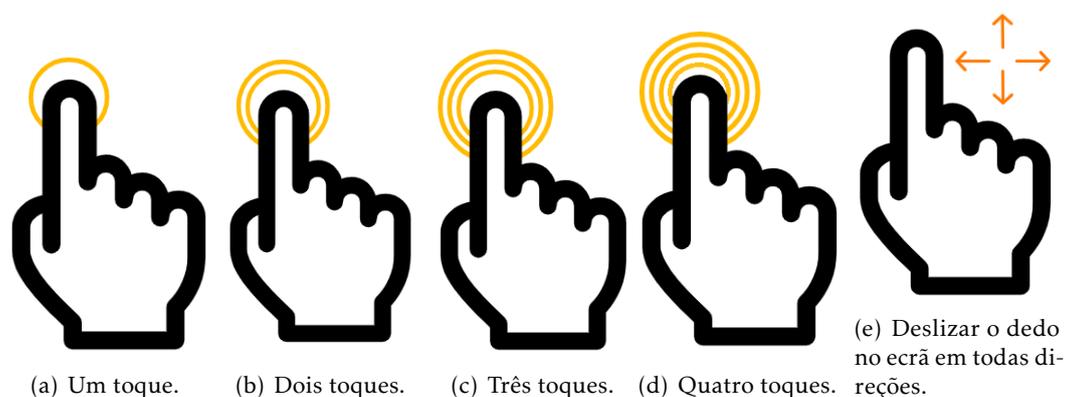


Figura 4.12: Tipos de toques no ecrã.



Figura 4.13: Ações curtas implementadas no sistema.

amórfico com posição, velocidade, cor, tempo de vida, entre outros atributos. Para criar a aura foram utilizados três sistemas de partículas. O primeiro sistema é baseado numa imagem que está em constante rotação em relação ao eixo do 'y'. O segundo sistema são as trilhas de partículas em constante rotação. O terceiro sistema é temporário e são partículas que diminuem de tamanho em relação ao tempo e que se movimentam de baixo para cima em relação ao eixo do 'y'. Assim, sempre que é executada uma ação curta, surge o avatar destacado com uma aura formada por partículas que se movem constantemente. Em relação às auras do pequeno caos e caos são compostas apenas por um sistema de partículas temporário que surge inicialmente e com o tempo começa a dissipar-se e a diminuir de tamanho. Como a cor, o tamanho e o número de partículas é maior na aura do caos, maior também é o choque e o impacto causado no utilizador.

Toques no ecrã

A contabilização de toques é realizada em toda a área visível por um botão invisível. Com um temporizador, é possível contar o número de toques executados naquele espaço do tempo. Quando o temporizador chega a zero, o contador de toques reinicia. O valor

do temporizador é baixo para conseguir calcular com precisão o número de toques conseguidos. Portanto, o utilizador para visualizar diferentes ações precisa de também ser mais lento ou mais rápido quando o avatar virtual lhe dá a oportunidade de realizar uma ação. A oportunidade é quando uma animação do avatar virtual não estiver a decorrer. Se o sistema permitisse que ações fossem executadas enquanto outra está a decorrer, iria originar confusão para todos os utilizadores.

Quanto à funcionalidade de 4 ou mais toques a decisão para ser pequeno caos ou caos é calculada consoante as ações do utilizador até ao momento, por outras palavras, é a divisão do número de toques individuais até ao momento pelo número total de utilizadores na sala virtual. Caso esse número for inferior a um número aleatório de 0 a 3, a ação é de pequeno caos. Caso o número seja superior ou igual então a ação curta é caos. Os números aleatórios foram escolhidos de 0 a 3 para que haja uma maior probabilidade de um utilizador visualizar o caos, se houver um grande número de utilizadores ou um número reduzido de ações realizadas individualmente.

Durante a implementação das ações curtas surgiram duas ideias que apesar de implementadas não aparecem no sistema final. A primeira ideia era focada na existência de outra ação curta de cinco toques que era o caos e a ação curta de quatro toques permanecia a pequeno caos. A segunda ideia era focada em guardar todas as ações de todos os utilizadores numa lista e após um minuto escolher uma ação aleatória. O problema é que enquanto os utilizadores estão a disputar a atenção do avatar esperam visualizar alguma reação do avatar e um minuto de espera é muito tempo. Pensou-se diminuir o tempo, mas assim, não fazia sentido ter uma lista que ocupa recursos no tráfego de dados para uma ação tão simples.

Deslizar o dedo no ecrã

Sempre que o utilizador realize um deslize de dedo pelo ecrã, independentemente da direção, existe uma reação do avatar virtual. Contudo, o código está implementado de maneira a que essa direção seja distinguível e assim, poderão ser atribuídas diferentes animações a diferentes direções do deslizar, esquerda, direita, baixo e cima.

O método de deteção de deslizar o dedo está a ser chamado na função `Update()` que é executada em cada *frame* e assim faz com que esta ação tenha prioridade em relação a ações por toques. Sempre que um utilizador realiza um toque no ecrã é detetado o tipo de toque com a estrutura **Touch** do Unity. Se detetar um movimento é encontrada a posição do toque e posteriormente calculada a direção desse movimento. Dois utilizadores que executem ao mesmo tempo uma ação curta de toques e uma ação curta de deslizar, o avatar virtual responde à ação curta de deslizar. Os utilizadores que perceberem este "easter egg" conseguem ganhar a disputa de atenção do avatar.



Figura 4.14: Ecrã inicial do Modo Surpresa. No lado direito está o menu dá acesso aos minijogos.

4.6.2 Ações longas

As ações longas são várias ações unidas com um objetivo secundário. O intuito destas ações é que incentivem à colaboração presencial entre os utilizadores na sala. Inicialmente, foi pensado restringir duas das ações longas segundo o número de pessoas na sala. A ação dos objetos escondidos e do fantasma só apareceriam se houvesse na sala 3 pessoas. Contudo, esta condição não chegou a ser implementada de forma a que todos os minijogos fossem analisados nos testes de utilizador.

Observando a Figura 4.14, no canto direito existe um menu que representa as ações longas do sistema. Cada botão é representado por uma imagem característica ao contexto da ação, por exemplo se a ação longa estiver relacionada com a estante virtual então aparece uma imagem de uma estante ou se estiver relacionada com o microfone aparece um botão de fala.

Inicialmente existiam quatro ideias para implementar em minijogos, e são:

- Interação com outro marcador de RA e realizar um puzzle de objetos escondidos - Minijogo Objetos Escondidos
- Interação com o microfone - Minijogo Fantasma
- Detecção de objetos 3D
- Interação com botões na interface - Minijogo Descobrir a Palavra

Minijogo Objetos Escondidos

No cenário exportado mencionado na Secção 4.3 havia um cofre. Ter um cofre fechado poderia sugerir aos utilizadores que o artefacto estava guardado e que não precisam de apenas do sistema de pontos para o encontrar. Então o objetivo secundário focou-se em encontrar a chave para abrir o cofre.

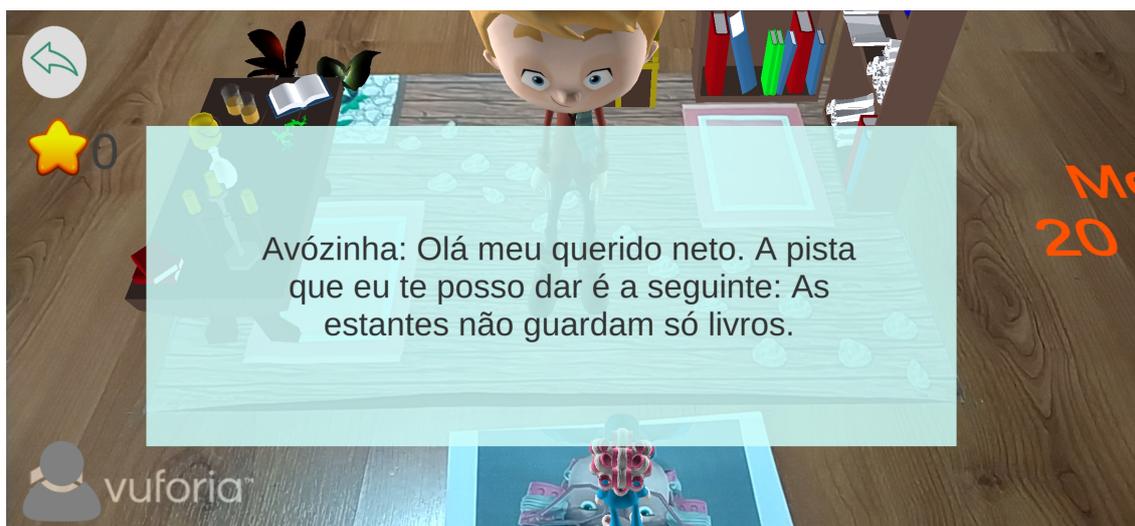


Figura 4.15: Mensagem apresentada quando os marcadores estão próximos e ambos são detetados pelo dispositivo.

Inicialmente, o objetivo deste minijogo era apenas encontrar os objetos escondidos, contudo era um minijogo que não tinha nenhum conteúdo de RA. Resultando na coligação das ideias dos objetos escondidos com a interação com o marcador de RA. Com algumas adaptações à história, introduziu-se no sistema outra personagem virtual, a avó do avatar virtual. O discurso do avatar foi adaptado de maneira a que avó consiga interagir com o avatar virtual ao dar-lhe uma dica de como chegar à chave. Mas para lhe dar essa dica, os



(a) Cenário inicial dos objetos escondidos.



(b) Cenário dos objetos escondidos após o utilizador (c) Penalização quando clica muitas vezes sem sucesso.

Figura 4.16: Minijogo de Objetos Escondidos.

utilizadores precisam de posicionar o marcador de RA da avó aproximado do marcador principal e se estiver no raio de colisão, aciona o *trigger* e aparece a mensagem em todos os dispositivos como é mostrado na Figura 4.15.

Após a mensagem, os utilizadores precisam de clicar na estante para irem para o cenário dos objetos escondidos. Como observado na Figura 4.16(a), os utilizadores têm uma lista de vários objetos para procurar. O evento de toque em cada objeto é controlado por uma classe que sincroniza o desaparecimento do objeto e o desaparecimento da palavra na lista enquanto aparece o áudio de toque correto e um sistema de partículas para dar mais informação visual ao utilizador (Ver Figura 4.16(b)). Caso os utilizadores cliquem no ecrã cinco vezes sem tocarem num objeto corretamente, é adicionado uma penalização individual de cinco segundos, visível na Figura 4.16(c). Caso encontrem todos os objetos, voltam ao cenário de interação com ações curtas e longas e recebem os pontos. Como os utilizadores já sabem o que têm de realizar para completar com sucesso o minijogo e têm a chave do baú não faz sentido receber novamente a dica. Assim, na segunda ou mais entradas no minijogo, os utilizadores apenas vão para o jogo dos objetos escondidos.

Minijogo Fantasmilha

Relativamente à ideia da interação com o microfone seria um género de centro de ajuda com um fantasma. Os utilizadores ao entrarem neste centro de ajuda podiam realizar diversas perguntas ao avatar sobre os outros minijogos ou sobre a narrativa do sistema. A ideia do centro de ajuda nunca podia seguir em frente comparando com sistemas de assistência virtual tão desenvolvidos como a Alexa ou a Siri.

Assim, houve uma adaptação para conseguir utilizar o microfone de maneira divertida. A adaptação focou-se numa série de perguntas apresentadas na interface do utilizador onde a resposta só é aceite através da fala. Para isso, é usado um botão com uma imagem de um microfone para ser intuitivo para o utilizador.

A ideia do microfone foi implementada com ajuda de um *plugin*: “Speech And Text in Unity iOS and Unity Android”⁶. Este *plugin* é capaz de reconhecer o conteúdo vocal em texto, assim qualquer palavra dita com clareza é traduzida para texto. O *script SpeechController* é a classe de interação com o *plugin*. Neste *script* é inicializado a função Setup que instancia a função de cada *script* do *plugin* para ter como definição a linguagem portuguesa. Existem três métodos importantes que são, o método que grava o conteúdo quando o botão do microfone é continuamente pressionado, o método que termina de gravar quando o botão do microfone deixa de ser pressionado e o método *callback* quando o *plugin* produz os resultados de reconhecimento de fala. Neste último método, os resultados são comparados com as respostas corretas, ou seja, o resultado do que utilizador falou no microfone é comparado ao resultado correto de cada pergunta.

Foram realizados vários testes informais com o microfone e conclui-se que se o utilizador não falar com clareza, a resposta pode ser traduzida com erros. Com isto em mente,

⁶Plugin Voz, <https://github.com/j1mmyto9/Speech-And-Text-Unity-iOS-Android>, último acesso 10 set 2021

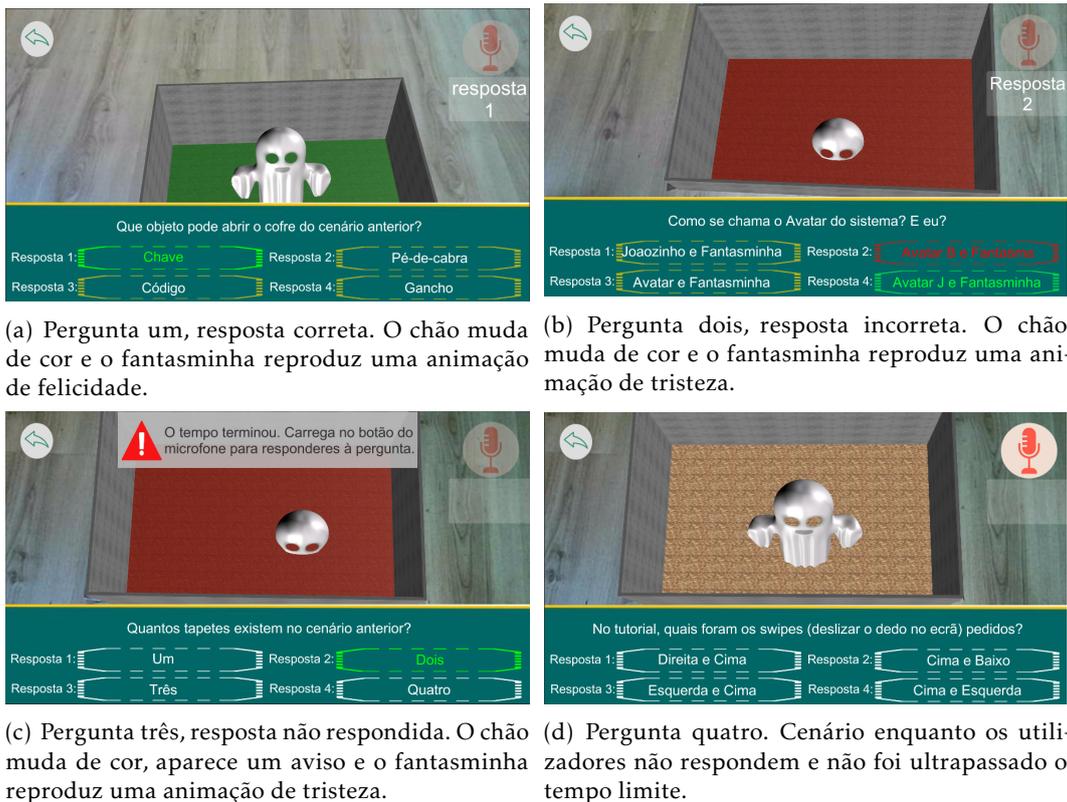


Figura 4.17: Perguntas e estados possíveis do cenário do minijogo.

foi restringido o campo de palavras aceites, nomeadamente, resposta um, resposta dois, resposta três e resposta quatro. Assim, quando o utilizador carrega no botão do microfone na interface é reproduzido um som em como o microfone está ligado. O utilizador pode dizer o que quiser, contudo só há correspondência às palavras designadas no sistema. É de notar que o utilizador só pode clicar uma vez no botão do microfone, portanto quando clicar espera-se que o mesmo saiba responder corretamente à pergunta. Além desta condição, existe outra de forma para que os utilizadores não fiquem muito tempo no minijogo, tendo apenas vinte segundos para ler e responder à questão.

Dependente da resposta, existem pistas visuais e animações no fantasma e no cenário que alteram o seu estado, como visualizado na Figura 4.17. No final, para cada utilizador aparecem quantas perguntas acertou e quando voltam ao cenário de interação com as várias ações, é atribuído os pontos consoante o utilizador que acertou o máximo de perguntas. Ou seja, os utilizadores podem realizar a atividade em conjunto ou individualmente, contudo os pontos ganhos com a ação são colaborativos.

Quando o utilizador carrega no minijogo do fantasma, o avatar virtual abre um alçapão no chão e aparece o cenário do fantasma. A ligação abriu portas para a implementação do efeito de janela de RA, observado na Figura 4.17(d). O efeito de janela de RA é quando o utilizador olha através do marcador de RA para outro mundo. Na implementação foi utilizado um filtro do Vuforia, o Depth Mask, que filtra áreas que não

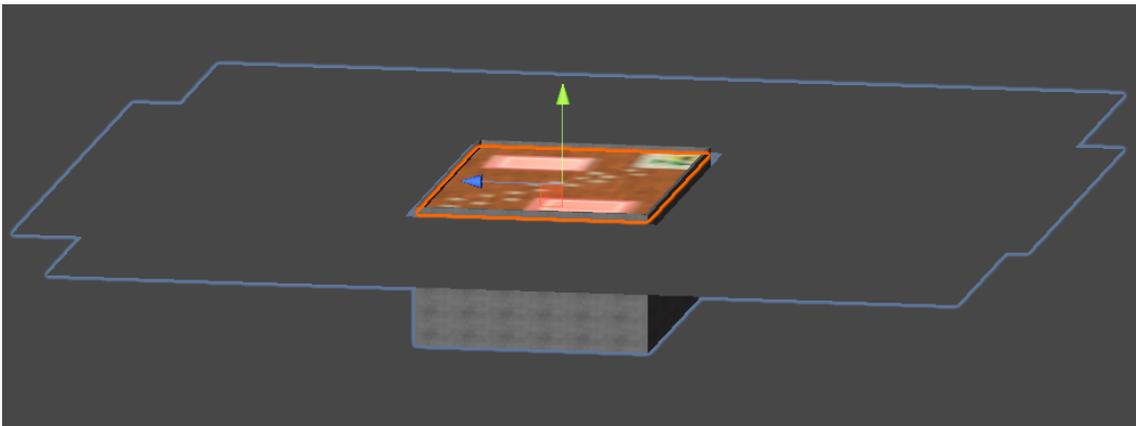


Figura 4.18: Efeito janela RA no Unity.

queremos visualizar do ambiente virtual. Assim, foram adicionados objetos à volta do marcador de RA com este material que corresponde à área selecionada a azul na Figura 4.18. O ambiente virtual tem de ter uma dimensão igual ao marcador de RA para estar devidamente centrado para que as paredes estejam de acordo com as arestas do marcador. O ambiente é colocado abaixo do marcador e obtém-se o efeito da janela. Para diminuir inconsistências foram adicionadas margens com objetos 3D do Unity à volta do marcador de RA como é observado na Figura 4.18.

Detetação de objetos 3D

Durante o desenvolvimento do sistema, foi realizada uma experiência com o uso do recurso para detetar objetos, o *Object Targets* do Vuforia. Neste tipo de recurso, os objetos têm que ser ricos em detalhes na superfície e ter uma forma consistente. Inicialmente, foi usado um brinquedo pequeno. Com o recurso à digitalização através do scanner do Vuforia, criou-se um modelo digital. Esse modelo funciona como um marcador e sempre que é detetado aparece um objeto virtual. Contudo, foi uma experiência que não teve muito sucesso pois a deteção do brinquedo não era precisa e a reflexão da luz sobre o objeto influenciava também na deteção. Após uma reflexão, foi decidido que em prol do utilizador e das inconsistências, não seria utilizado este recurso do Vuforia.

Minijogo Descobrir a Palavra

Com a ideia de deteção de objetos inviável, abriram-se portas para criar uma nova experiência. A ideia surgiu com o contacto diário com crianças que jogam o jogo da forca em papel. Se existe comunicação com o jogo tradicional, as interações entre os utilizadores podem beneficiar com um minijogo adaptado como por exemplo um sistema que contabiliza as vidas e assim regista as respostas erradas.

O minijogo possui duas palavras, assim quando o utilizar carregar pela segunda vez no minijogo, já não vai aparecer a mesma palavra para descobrir. As palavras estão ligadas à narrativa do sistema, sendo a primeira palavra “avatar” e a segunda palavra “poder”

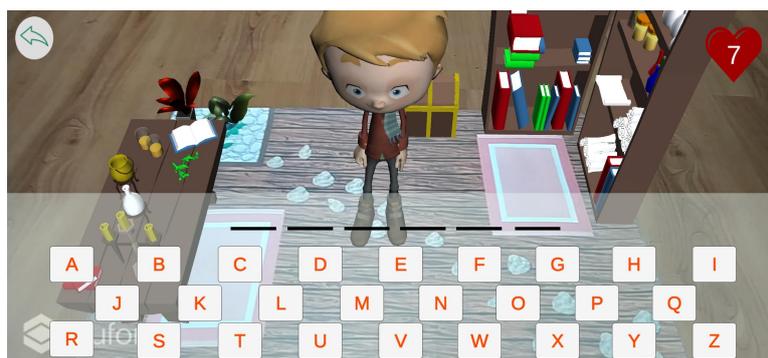


Figura 4.19: Exemplo do ecrã inicial (após o discurso) para o minijogo. O espaço no centro indica o número de letras a descobrir.

devido ao poder do artefacto.

Como é visualizado na Figura 4.19 existe o espaço para cada letra e um teclado composto por vários botões. Cada palavra tem um ficheiro que gere todas as interações com a interface. Sempre que um utilizador carregar numa letra, o avatar virtual reproduz uma animação e som positivo ou negativo consoante a veracidade da letra. Enquanto a animação está a ser executada o teclado deixa de ser interativo e assim impede que haja múltiplos toques sem nexos. Caso o utilizador erre na letra, é reproduzida uma animação de perda de corações e som negativo e, são atualizadas as vidas que os utilizadores possuem como visível na Figura 4.20(b). Caso o utilizador acerte na letra, é reproduzida uma animação do avatar virtual a bater palmas enquanto se ouve um som positivo como visível na Figura 4.20(a). Se o utilizador gastar todas as vidas, aparece um botão para reiniciar o minijogo mas se o utilizador adivinhar a palavra, o avatar faz uma dança de vitória e volta para o cenário inicial do Modo Surpresa com a atualização dos pontos.

Todas as informações são sincronizadas entre os dispositivos móveis através de RPC's. A classe *singleton* referida na subsecção 4.5 controla através de um booleano se a primeira palavra já foi completada. Caso o booleano seja verdadeiro então quando o utilizador clica novamente no botão para o minijogo é ativado o ficheiro gerente da segunda palavra. Caso o booleano seja falso então é ativado o ficheiro gerente da primeira palavra.



(a) Letra correta. O avatar virtual bate palmas.

(b) Letra incorreta. O avatar virtual acena que não é a letra correta. Animação da perda do coração.

Figura 4.20: Estados para quando o utilizador clica numa letra.

4.7 Ficheiro de configuração

Um ficheiro JSON é uma maneira fácil de guardar informação capaz de ser lida naturalmente por humanos e capaz de ser alterada por pessoas que conheçam o básico de programação. Essa informação permite alterar completamente um sistema caso o ficheiro guarde informações que alteram as funcionalidades do sistema.

No princípio da implementação foi pensado criar um ficheiro de configuração para alterar completamente o sistema desde a narrativa às ações do sistema sem ser necessário recompilar o sistema todo. Quanto às ações do sistema, a ideia seria que no ficheiro configurável haveria opções para trocar a ordem de ações, como por exemplo a ação curta de um toque trocar com a ação curta de deslizar o dedo no ecrã. Contudo, as ações foram organizadas e categorizadas de forma a serem mais perceptíveis e intuitivas para o utilizador pois existem dois tipos de ações diferentes. As ações curtas e longas têm objetivos diferentes, uma é para disputar a atenção do avatar e a outra é para realizar jogos colaborativos com objetivos secundários. É desnecessário ter um ficheiro configurável para trocar o tipo de dança entre ações curtas. Por estas razões, a alteração das funcionalidades no ficheiro configurável não foi implementada.

Na implementação do ficheiro foi utilizada uma biblioteca, a LitJson, para guardar toda a informação alterável no sistema. Esta biblioteca permite converter de e para *strings* JSON. Na Listagem 4.6 é possível visualizar que quando o sistema carrega a cena, o sistema vai buscar toda a informação ao ficheiro JSON. Este processo é realizado através de uma classe do Unity, *TextAsset*, que permite carregar o conteúdo do JSON e associá-lo a um objeto *string*. O conteúdo JSON é representado na Listagem 4.7. Depois é utilizado o **Json Mapper** que associa o texto bruto *string* a um dicionário. Isto é o nosso objeto JSON que irá ser convertido para texto que seja legível. É de notar que o ficheiro tem de ser guardado numa pasta denominada por **Resources** para que a classe Resources consiga encontrar e aceder ao ficheiro.

Listagem 4.6: Conversão desse excerto de JSON para texto legível.

```

1 private string jsonString;
2 private JsonData itemData;
3 ...
4 void Awake(){
5     TextAsset file = Resources.Load("ConfigurationFile") as TextAsset;
6     jsonString = file.ToString();
7     itemData = JsonMapper.ToObject(jsonString);
8     messageTitle = itemData["message_intro"]["message_title"].toString();
9 }

```

Listagem 4.7: Exemplo de um pedaço de texto no ficheiro JSON.

```

1 {
2     ...
3     "message_intro":{

```

```
4         "message_title": "Ola Aventureiro(a) ",
5         "message_body": "Ha muitos anos atras havia um artefacto...",
6         "message_assinatura": "...",
7     },
8     ....
9 }
```

O ficheiro configurável permite alterar todos os discursos realizados pelo avatar, inclusive os discursos realizados nos minijogos e a mensagem final no cenário final. Além disso, as perguntas e respostas no minijogo do fantasma também podem ser alteradas. Assim, o sistema pode ser recriado com uma nova narrativa dando à própria aplicação foco noutra temática. Num sistema mais sofisticado, o ficheiro configurável deveria ser programável através de uma *framework* intuitiva para qualquer tipo de pessoa, independentemente do conhecimento de programação.

4.8 Sumário

Neste capítulo, foi apresentada a arquitetura do sistema implementado incluindo as tecnologias e ferramentas usadas neste sistema. Foram exploradas todas as decisões e implementações importantes neste sistema destacando os tipos de interações e as pistas visuais fornecidas ao utilizador que poderão ser úteis e facilitar a interpretação do utilizador relativa ao sistema e aos restantes utilizadores do sistema.

No próximo capítulo é apresentada a metodologia de avaliação usada para avaliar os objetivos e perguntas de investigação desta dissertação apresentados no Capítulo 1. O sistema é o ambiente de teste onde testes de utilizador foram realizados para obter dados e opiniões dos utilizadores para analisar a eficiência e usabilidade deste sistema e para responder de forma eficaz às questões de investigação.

AVALIAÇÃO

Os estudos de utilizador têm o propósito de analisar a eficiência e usabilidade do sistema e a intervenção do trabalho em grupo no mesmo espaço físico. Através destes estudos será possível chegar a conclusões relativas às perguntas de investigação estabelecidas na secção 1.2.

Para este propósito, foram recolhidos dados de 26 participantes num estudo de utilizador. Para o cumprimento de normas de covid-19 foram estabelecidos 26 testes individuais e em grupo de 2 (13 testes colaborativos). Contudo o objetivo era realizar uma estrutura de testes com diferentes números de participantes, isto é, ter conjuntos de testes com grupos de 2, 4, 6 e 10 pessoas e comparar esses resultados.

Este capítulo começa pela apresentação do protocolo e da estrutura de cada sessão de teste nomeadamente na secção 5.1 e na subsecção 5.2.1. Na secção 5.2 são apresentadas as notas retiradas durante as sessões e os questionários de usabilidade preenchidos por cada utilizador. Por fim, são apresentados os resultados obtidos e analisados com alguma informação estatística na secção 5.3.

5.1 Protocolo de Avaliação

O protocolo de avaliação contém as tarefas que os utilizadores devem realizar para testar o sistema relativamente às interações individuais e colaborativas com um avatar virtual. Estas tarefas e a atribuição do número máximo de pessoas por grupo foram influenciadas pelas regras estipuladas pela Direção-Geral da Saúde ao momento dos testes de utilizador.

Como foi referido na secção 4.5, existe apenas uma sala virtual para cada modo para permitir que os testes de utilizador na sessão colaborativa sejam realizados sem erros. Assim, é garantido que os utilizadores entram na mesma sala virtual para experienciar o sistema. Com o objetivo de analisar a usabilidade do sistema e a influência do trabalho em equipa, as tarefas foram divididas e organizadas em quatro tipos de testes.

Como o sistema permite a colaboração presencial, para os testes existiram as seguintes considerações em relação à sala:

- Espaço da sala. A sala tem de ser ampla para os utilizadores estarem à vontade e

para manterem a distância de segurança. Nesse espaço é centrada uma mesa branca que contrasta com o marcador de RA.

- **Luminosidade na sala.** A posição da mesa tem de ser centrada para apanhar luz, mas que não seja diretamente. Ou seja, a luz solar direta no marcador de RA altera o aspeto de visualização e deteção do marcador. Os testes de utilizador foram realizados em várias horas do dia, portanto a posição da mesa foi alterada para lidar com este problema de luz.
- **Posição da mesa.** Além do que foi referido, é preciso ter atenção à posição da mesa pois o chão da sala era azul e quando ocorria a deteção do marcador era possível visualizar a mesa e o chão. Como o chão contrasta com o marcador, a mesa foi posicionada estrategicamente de maneira a apanhar o contraste da parede branca em vez do chão. As cores dos objetos junto ao marcador que não fornecem um contraste criam um problema, principalmente na visibilidade do contador no sistema de pontos.

Os testes de utilizador foram realizados quer individualmente quer em grupo de dois utilizadores definidos como Participante X e Participante Y. Abaixo são apresentados a divisão de cada estudo por objetivos.

- **Estudo A (E.A), Teste Individual, Ações Curtas, Modo Toques.**

Objetivo: Pretende-se com este teste aferir qual é o impacto e quais são as interações mais intuitivas e benéficas para o utilizador ao interagir com um sistema de RA.

Este teste consiste em descobrir o máximo de as ações curtas no Modo Toques durante três minutos ou até o utilizador achar que encontrou todas as ações. Ao Participante X é-lhe pedido que inicie a aplicação. Ao iniciar a aplicação é apresentado um discurso inicial e o Participante X deve clicar no Modo Toques e realizar a tarefa. Após o término são realizadas perguntas relativamente à dificuldade em executar cada ação descoberta, ao *feedback* de efeitos visuais e à acessibilidade da tarefa.

- **Estudo B (E.B), Teste Individual, Modo História, Tutorial, Modo Avatar.**

Objetivo: Pretende-se com este teste aferir quais são as interações mais intuitivas e benéficas para o utilizador ao interagir com um sistema de RA que apresenta uma narrativa com uma missão para completar.

Este teste é composto por duas tarefas: realizar o tutorial e completar a missão do Modo História no Modo Avatar durante três minutos. Ao Participante X é-lhe pedido que execute as ações por ordem: carregar no botão para voltar atrás, ler novamente o discurso inicial, entrar no Modo História, ler a carta inicial e realizar o tutorial. Após terminar o tutorial são realizadas perguntas relativas à dificuldade de interagir com o botão do microfone, ao *feedback* de efeitos visuais e à acessibilidade da primeira tarefa. Em seguida, é pedido ao Participante X que clique no Modo

Avatar que realize a tarefa e depois saia do sistema. Sem demora, são realizadas perguntas relativas ao *feedback* de efeitos visuais e auditivos e à acessibilidade da segunda tarefa. O Participante X realizou as tarefas todas e sai da sala. Entra o Participante Y e realiza as mesmas tarefas que o Participante X pela mesma ordem, começando pelo E.A seguido do E.B.

- **Estudo C (E.C), Teste Colaborativo, Modo Toques.**

Objetivo: Pretende-se com este teste aferir quais são as interações mais intuitivas e benéficas num ambiente colaborativo para interagir com o avatar virtual. Também é avaliado como são as interações entre os utilizadores quando há a disputa ou captação de atenção do avatar.

Este teste consiste em interagir com o avatar virtual durante três minutos no Modo Toques. É pedido aos Participantes X e Y que iniciem o sistema, que cliquem no botão avançar e que cliquem no Modo Toques. Antes de começarem a tarefa ambos os participantes devem estar na sala virtual com um identificador atribuído. Após o término da tarefa são realizadas perguntas relativamente à positividade da interação em grupo e ao *feedback* de efeitos visuais e auditivos.

- **Estudo D (E.D), Teste Colaborativo, Modo História, Tutorial, Modo Surpresa.**

Objetivo: Pretende-se com este teste aferir quais são as interações mais intuitivas e benéficas quando são apresentadas interações mais complexas. Também é verificado se essas interações fomentam as interações em grupo.

Este teste consiste em duas tarefas: realizar o tutorial e completar a missão do Modo História no Modo Surpresa com a condição de realizarem pelo menos uma vez cada minijogo. É pedido ao Participante X e Y que execute ações por ordem: carregar no botão para voltar atrás, clicar no botão para avançar o diálogo, clicar no botão Modo História, ler novamente a carta, realizar a primeira tarefa, clicar no botão Modo Surpresa, realizar a segunda tarefa e sair do sistema. O tutorial é novamente realizado devido à funcionalidade do microfone ser utilizada no minijogo deste modo e apenas são retiradas algumas anotações durante a tarefa. Após o término da tarefa cada participante responde individualmente a perguntas acerca do modo e de cada minijogo quanto à usabilidade do sistema, ao *feedback* visual e auditivo e à positividade da interação em grupo.

O E.A e o E.B permitem que o investigador tenha atenção total a cada participante, assistindo-os, caso peçam, enquanto são retiradas algumas observações que possam ser importantes na discussão dos resultados evitando dúvidas que possam aparecer.

5.2 Dados Recolhidos

Durante os testes de utilizador foram recolhidos dados de diferentes formas, através de perguntas e através de anotações do investigador. Em cada teste são recolhidas informações subjetivas obtidas diretamente do participante relativa à experiência com o modo de jogo, à usabilidade do sistema e aos meios de *feedback* tanto visuais como auditivos. Após o término das tarefas cada utilizador preenche os questionários de usabilidade do sistema, demográfico e de caracterização RA.

5.2.1 Estrutura dos Testes

O teste de utilizador começa com uma introdução ao sistema e como o teste será conduzido. Os utilizadores são informados que o estudo é focado no uso de Realidade Aumentada em dispositivos móveis para analisar diversas formas de interagir com um avatar virtual. Adicionalmente, para os participantes que não sabem o que é RA é-lhes fornecida informação básica e simplificada com o exemplo do Pokémon Go para terem o mínimo de conhecimento do tópico em estudo.

Em seguida, peço ao utilizador para ler com atenção e informar a sua concordância relativa ao consentimento informado, livre e esclarecido para a participação na investigação (Ver Apêndice B). Neste consentimento é transmitido ao utilizador que o teste é dividido em duas partes, uma individual e outra colaborativa e que se for possível o *APK* do sistema é partilhado com o utilizador para realizar no seu dispositivo. Ao concordar com o consentimento o utilizador aceita que a sua participação é confidencial e anónima onde os dados recolhidos serão anónimos e utilizados exclusivamente para esta dissertação. Nos testes são pedidos os dispositivos dos utilizadores de forma a ter uma variedade no domínio de diferentes marcas e diferentes versões Android para retirar algumas dúvidas que possam surgir na discussão dos resultados.

Também é explicado ao utilizador para ter atenção à forma como pega no dispositivo para não tapar a câmara. Os utilizadores ficam cientes de que podem movimentar-se enquanto posicionam o telemóvel em direção ao marcador, podem estar descontraídos a realizar as tarefas e devem estar confortáveis a pedir, caso precisem, de ajuda.

O estudo inicia quando o Participante X estiver confortável depois da explicação prévia. O Participante X começa a realizar o E.A, passando para o E.B. O Participante X sai da sala. Entra o Participante Y e realiza os testes pela mesma ordem que o Participante X. Durante este tempo, o Participante X fica numa sala de espera separada da sala principal. Quando o Participante Y terminar, entra o Participante X e realizam o E.C e o E.D em conjunto. Antes de começar o E.D é introduzido na mesa o segundo marcador de RA, o marcador da avó.

5.2.2 Questionário de Usabilidade

As opiniões dos utilizadores relativamente ao sistema implementado e ao que utilizador experienciou ao executar os diferentes testes podem oferecer uma visão sobre a eficiência e o impacto de diferentes interações com o avatar virtual. Os questionários são divididos em:

1. Questionário após cada tarefa de cada teste. O questionário apenas não é aplicado na primeira tarefa do E.D. Estes questionários visam a perceção das dificuldades encontradas na execução de funcionalidades do sistema quando os participantes interagem com o avatar virtual. E dessas interações é analisada a perceção do utilizador acerca das informações visuais e auditivas.
2. Questionário demográfico e de caracterização em termos de RA. Permite caracterizar os utilizadores que utilizaram o sistema.
3. Questionário de escala de usabilidade do sistema (SUS) [35]. Este questionário visa avaliar a efetividade, eficiência e satisfação perante o sistema implementado. Esta avaliação é medida usando uma escala Likert com intervalo de 1 - Discordo Totalmente a 5 - Concordo Totalmente.
4. Questionário acerca do sistema em geral. Este questionário visa complementar o SUS com questões mais específicas relativo ao conteúdo virtual e à informação visual e auditiva. Este questionário também pretende compreender a satisfação por cada minijogo ao ordená-los qualitativamente e a satisfação geral do sistema.

No último questionário existe um campo para os utilizadores escreverem sugestões ou críticas positivas e/ou negativas caso desejem. Os questionários são disponibilizados no Apêndice A.

5.2.3 Notas Retiradas durante os Testes

Antes de realizar este estudo pensou-se nas informações que poderiam ser retiradas quando o utilizador interage com o ambiente à sua volta e com o dispositivo como por exemplo tempo despendido numa tarefa ou confirmar se houve uma boa deteção do marcador.

Em todos os testes foram observadas as condições relativas à deteção, *tracking* e luminosidade confirmando se cada uma ocorreu sem problemas. Outro tópico comum a todos os testes que requer atenção é a observação da movimentação do utilizador à volta da mesa. O utilizador ao realizar uma ação curta com o utilizador na posição diferente à posição inicial do avatar virtual implica a rotação do avatar em direção ao utilizador. Este aspeto de *feedback* visual é importante para o utilizador perceber que ele lançou a ação. Adicionalmente, são utilizadas medidas quantitativas para medir o tempo despendido em cada teste. Ainda são avaliadas as expressões corporais pela investigadora. Estas

Tabela 5.1: Dados recolhidos em cada teste.

Teste	Anotações
E.A	O1. História de ações em cada minuto O2. Modo completo sem ajuda? O3. Detetou todas as ações curtas? Quais não detetou? O4. Afirmou que achou todas as ações curtas antes do tempo terminar?
E.B (1ª tarefa)	O5. Tutorial completo sem ajuda? O6. Acertou todas as ações do tutorial? Quais não acertou?
E.B (2ª tarefa)	O7. Consegui realizar a missão sem ajuda? O8. Histórico das ações
E.C	O9. Histórico de ações em cada minuto O10. Fizeram todo o tipo de toques? Quais não fizeram?
E.D (1ª tarefa)	O11. Número de ações erradas no tutorial.
E.D (2ª tarefa)	O12. Histórico individual de ações realizadas O13. Conseguiram realizar a missão sem ajuda? OX: Anotações Minijogos

anotações apenas foram retiradas para esclarecer alguma dúvida na discussão dos resultados. As expressões corporais são avaliadas de 1-Muito Negativa a 5-Muito Positiva e com 4 categorias: Suspiros, Risos/Sorrisos, Movimentos alegres/Dança e Impaciência. Se as categorias selecionadas forem todas positivas então a avaliação seria 5. Se nenhuma for selecionada, a avaliação seria 3. Em todos testes em cada modo é ainda avaliado pela investigadora a positividade de interação em grupo de 1-Muito Negativa a 5-Muito Positiva. Estas anotações são importantes para esclarecer alguma dúvida na discussão dos resultados. A avaliação é baseada na produtividade da comunicação presencial entre ambos e se ajudaram mutuamente a realizar ações.

Na Tabela 5.1 são observados os dados recolhidos em cada teste. Na Tabela 5.2 observamos os dados recolhidos da segunda tarefa do E.D. Comparando as várias anotações são observados que algumas destas que são semelhantes em testes individuais e testes colaborativos. É salientado o histórico de ações para cada minuto até chegar ao tempo limite, três minutos, no E.A e no E.C. No E.A o participante ainda não conhece o sistema e tenta descobrir as ações enquanto no E.C o participante já conhece todas as ações curtas do sistema.

5.3 Resultados e Análise dos Estudos do Utilizador

Nesta secção, os dados recolhidos são tratados e analisados, começando pela caracterização geral da população de participantes na subsecção 5.3.1. Seguido da divisão de dados por testes, nomeadamente E.A, E.B, E.C e E.D. Por fim, esses dados analisados são discutidos na subsecção 5.3.7.

Tabela 5.2: Dados recolhidos nos minijogos do teste E.D.

E.D (2ª tarefa)	Anotações
Minijogo dos Objetos Escondidos	O14. Número e minuto de entrada no minijogo O15. Manipulação do marcador da avó: (Demoraram a perceber; Pegaram no marcador mas não aproximaram os marcadores; Sucesso; Pediram ajuda) O16. Usaram o botão de ajuda na manipulação do marcador da avó? O17. Encontraram os objetos em grupo?
Minijogo do Fantasminha	O18. Número e minuto de entrada no minijogo O19. Quantidade de perguntas acertadas
Minijogo de Descobrir a Palavra	O20. Número e minuto de entrada no minijogo O21. Encontram a(s) palavra(s) em grupo? O22. Quantidade de vida perdidas em cada entrada

5.3.1 Caracterização dos utilizadores e dispositivos

Previamente foram convidadas pessoas para participar nos testes de utilizadores com um total de 26 participantes (13 pares de pessoas para os testes de grupo). Os participantes foram convidados ou presencialmente ou por redes sociais com uma breve descrição do contexto da experiência.

O intervalo das idades dos participantes é de 13 a 49, com maior concentração entre os 21 (valor do primeiro quartil) e 24 (valor do terceiro quartil) anos e com mediana de 22 como observado na Figura 5.1. Desses participantes 54% era do género masculino e o restante do género feminino como observado pelo gráfico da Figura 5.2. Metade dos utilizadores nunca tinham tido contacto com um sistema em Realidade Aumentada (Ver gráfico da Figura 5.5) e os que tiveram contacto nomearam sempre o Pokémon Go. Um dado a realçar é o contacto dos participantes do estudo com sistemas RA em museus onde apenas 8% dos participantes é que tiveram esse contacto (Ver gráfico da Figura 5.6)

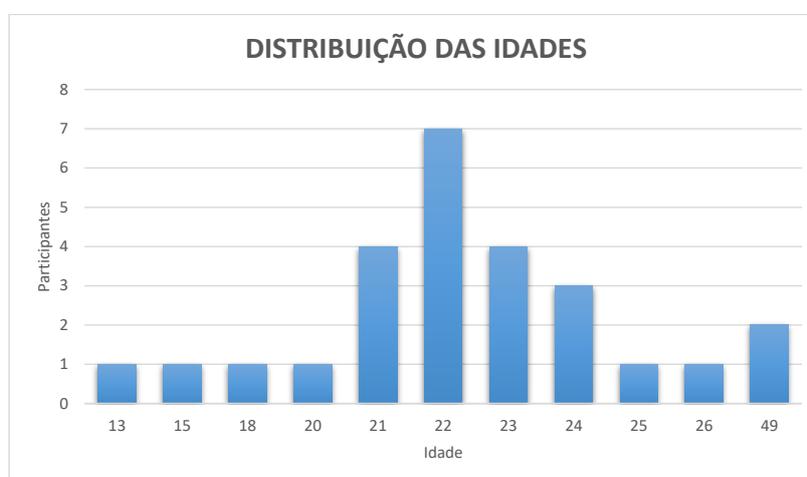


Figura 5.1: Resultados da distribuição das idades dos participantes.

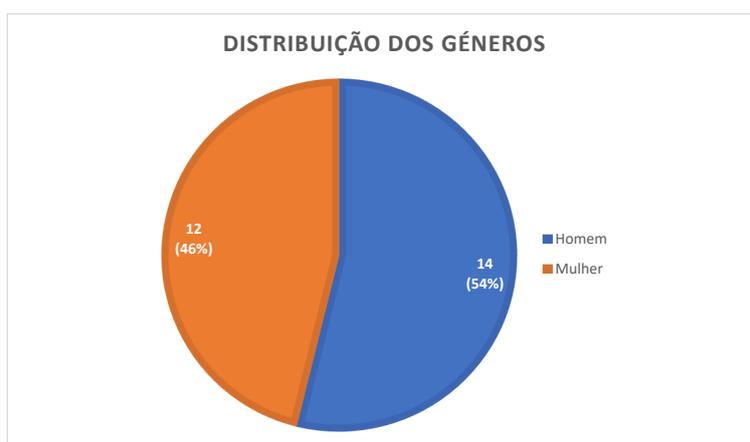


Figura 5.2: Resultados da distribuição dos gêneros dos participantes.

Tabela 5.3: Tabela com os dispositivos utilizados pelos participantes durante o estudo.

Marca	Versão Android	Participantes
StarAddict	6.X	27%
Huawei P Smart 2019	10.X	7.8%
Xiaomi Note 7	10.X	3.8%
Xiaomi Redmi 8T	10.X	50%
Xiaomi Redmi 9 Pro	10.X	3.8%
Samsung A41	10.X	3.8%
Samsung A50	11.X	3.8%

identificando o Pavilhão do Conhecimento - Ciência Viva e o Museu do Brinquedo. Relativamente à escolaridade dos utilizadores, esta população contém 69% dos participantes a frequentar um curso de licenciatura ou mestrado enquanto 12% dos participantes já terminou um destes cursos. Os restantes participantes completaram o ensino básico e ensino secundário, com igual percentagem de 11%.

Na Tabela 5.3 é apresentada as marcas dos dispositivos dos utilizadores e a versão Android. Mais de metade da população, 69% utilizou dispositivos de versão Android 10.X. 69% dos utilizadores costuma utilizar o telemóvel para jogar (Ver gráfico da Figura 5.3), e dessa percentagem, os resultados são positivos na frequência que jogam neste dispositivo como observado no gráfico da Figura 5.4.

5.3.2 Estudo A - descobrir comandos para interação com avatar (E.A)

Nesta subsecção são apresentados os resultados do E.A com a missão de descobrir os comandos para interagir com o avatar virtual. O utilizador ao iniciar o teste, nunca teve contacto com o sistema implementado e apenas lhe é dito que tem de descobrir as diferentes maneiras de interagir com o avatar.

Os utilizadores podem interagir com o avatar virtual com as ações curtas implementadas e não têm noção de quantas ações existem no sistema. Para cada ação descoberta



Figura 5.3: Resultados da distribuição dos dispositivos para jogar videojogos.

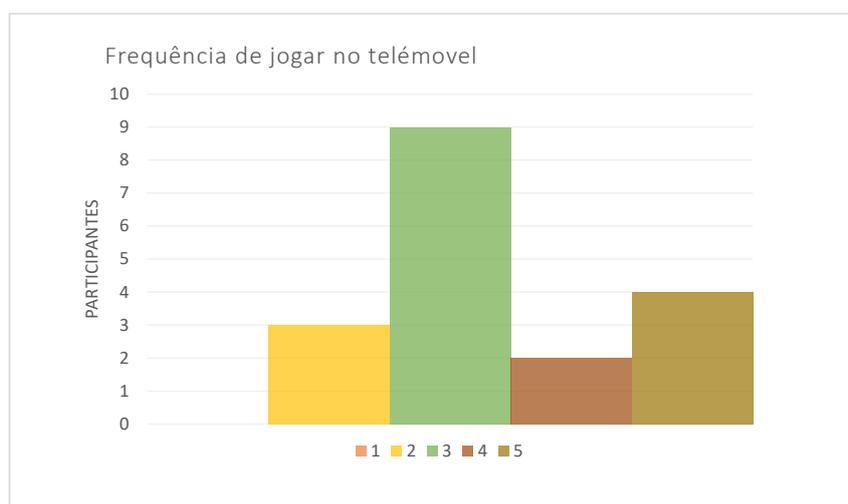


Figura 5.4: Resultados na escala de Likert para a pergunta com opções de escolha "Caso tenha selecionado telemóvel na pergunta anterior, qual é a frequência que costuma jogar nesse dispositivo?" (1-Raramente a 5-Muitas vezes).

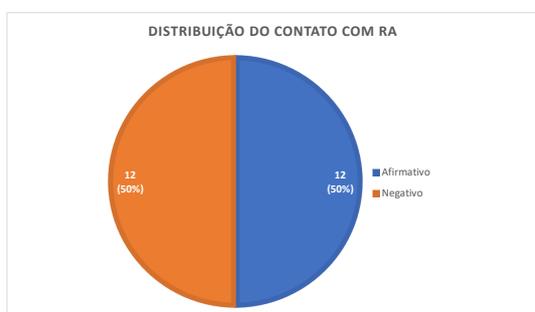


Figura 5.5: Resultados da distribuição do contacto dos participantes com sistemas RA.



Figura 5.6: Resultados da distribuição do contacto dos participantes com sistemas RA em museus.

Tabela 5.4: Resultados na escala de Likert para o questionário após o E.A. Utilizadores só respondem se descobrirem a ação.

Afirmção	Q1	Mediana	Q3	Nº Respostas
A1. O objetivo do que era para realizar foi fácil de perceber.	4	4	5	26
A2. O modo foi acessível de realizar.	4	4	5	26
A3. A funcionalidade de dar um toque no ecrã foi difícil de executar.	1	1	2	24
A4. A funcionalidade de dar dois toques no ecrã foi difícil de executar.	1	1	2	25
A5. A funcionalidade de dar três toques no ecrã foi difícil de executar.	1	2	3	22
A6. A funcionalidade de dar quatro ou mais toques no ecrã (o pequeno caos) foi difícil de executar.	2	2	3	25
A7. A funcionalidade de dar quatro ou mais toques no ecrã (caos) foi difícil de executar.	2	3	3	17
A8. A funcionalidade de deslizar o dedo no ecrã foi difícil de executar.	1	1	2	26
A9. Percebi que para cada número de toques havia uma dança característica.	5	5	5	26
A10. Considero que a dança do avatar, ajudou-me a perceber que executei uma ação.	5	5	5	26

no sistema é importante compreender a dificuldade de execução dessa ação pois fornece uma visão geral da dificuldade de interação com o avatar.

A Tabela 5.4 apresenta as respostas às várias perguntas sobre cada ação. Os utilizadores apenas respondiam a estas perguntas caso descobrissem a respetiva ação. Por este motivo existe um número diferente de respostas em cada linha na tabela. Os resultados mostram que no geral os utilizadores não demonstraram dificuldades a realizar as ações e só apenas uma ação foi descoberta por todos os utilizadores, a ação de deslizar o dedo no ecrã. Na Figura 5.7 é observado o histórico das ações em cada minuto, isto é, o primeiro conjunto de gráfico representa as ações descobertas entre o minuto 0 e 1, o segundo representa as ações entre os minutos 1 e 2 e assim por diante. No gráfico é destacando a dominância em todos os minutos da ação descoberta por todos os utilizadores, a ação de deslizar o dedo no ecrã. Nota-se um crescimento da execução da ação pequeno caos, contudo um decréscimo de execução da ação dois toques. Mais de metade da população, 62%, discordou completamente com a afirmação A8 da Tabela 5.4, onde pelo menos 75% não tiveram problemas com esta ação.

Outro dado a destacar é a dificuldade em descobrir a ação curta caos com 34.6% da população. Dessa população, 50% avaliou a afirmação A7 como neutro. Estes dados são tão baixos devido à diminuição do conjunto de população. O histórico das ações em cada minuto mostra que no intervalo de 0 a 1 minuto, 47% da população descobriu a ação caos

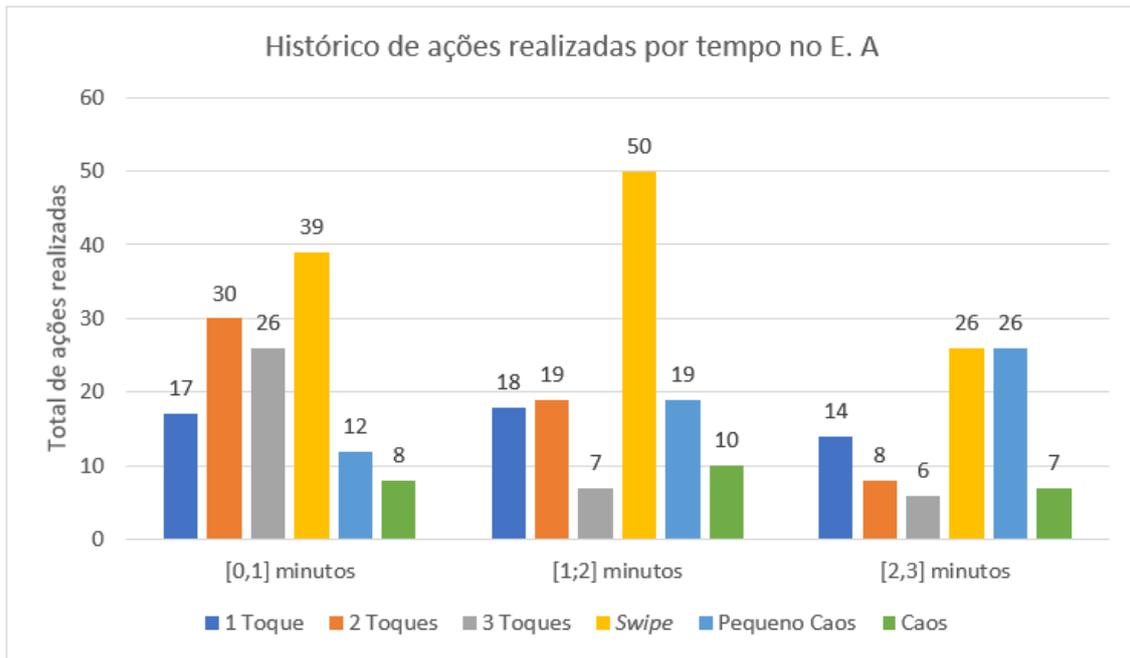


Figura 5.7: Resultados das anotações do histórico de ações na segunda tarefa do E.A.

e que no intervalo 2 a 3 minutos apenas 17% descobriu esta ação. Esta ação só acontece com as condições mencionados no Capítulo 4 portanto quanto mais ações o utilizador realizar, há menor probabilidade do utilizador visualizar esta ação. No gráfico da Figura 5.8 podemos constatar que a maior parte das respostas dos utilizados encontram-se até à avaliação neutra. Destacando que a A3, A4 e A8 teve um maior número de resposta com avaliação 1, correspondendo à informação dos quartis da Tabela 5.4.

Relativamente aos participantes pedirem ajuda, 34.6% pediu ajuda ou pistas para descobrir mais ações apesar de pelo menos 25% dos utilizadores concordarem com a acessibilidade do modo e com a fácil perceção do que era para realizar como mostrado na Tabela 5.4. Dessa percentagem, apenas 3 participantes descobriram todas as ações, enquanto os restantes, 6 participantes, não descobriram uma ou duas ações, nomeadamente ações curtas de um toque, três toques, pequeno caos e caos. Os utilizadores tinham três minutos para completar a tarefa, contudo os participantes podiam terminar antes. Isto aconteceria caso afirmassem que tinham encontrado todas as ações curtas implementadas no sistema com a confirmação de 27% dos participantes com tempo médio de 2 minutos e 21 segundos. Desses participantes apenas 7.7% dos participantes não descobriram todas as ações. A pista de ajuda foi simples, referindo o nome do modo para interagirem com o avatar virtual. Os utilizadores afirmaram no final deste teste que o nome do modo ajudou a perceber como tinham de interagir com o avatar virtual. No total, 42% dos utilizadores descobriram as ações todas do sistema.

Neste teste, foram recolhidas as avaliações com as expressões corporais e mostram que os utilizadores reagem positivamente à música e à dança do avatar virtual (mediana de 4), com diversos utilizadores a tentarem imitar a dança. A dança foi útil para dar

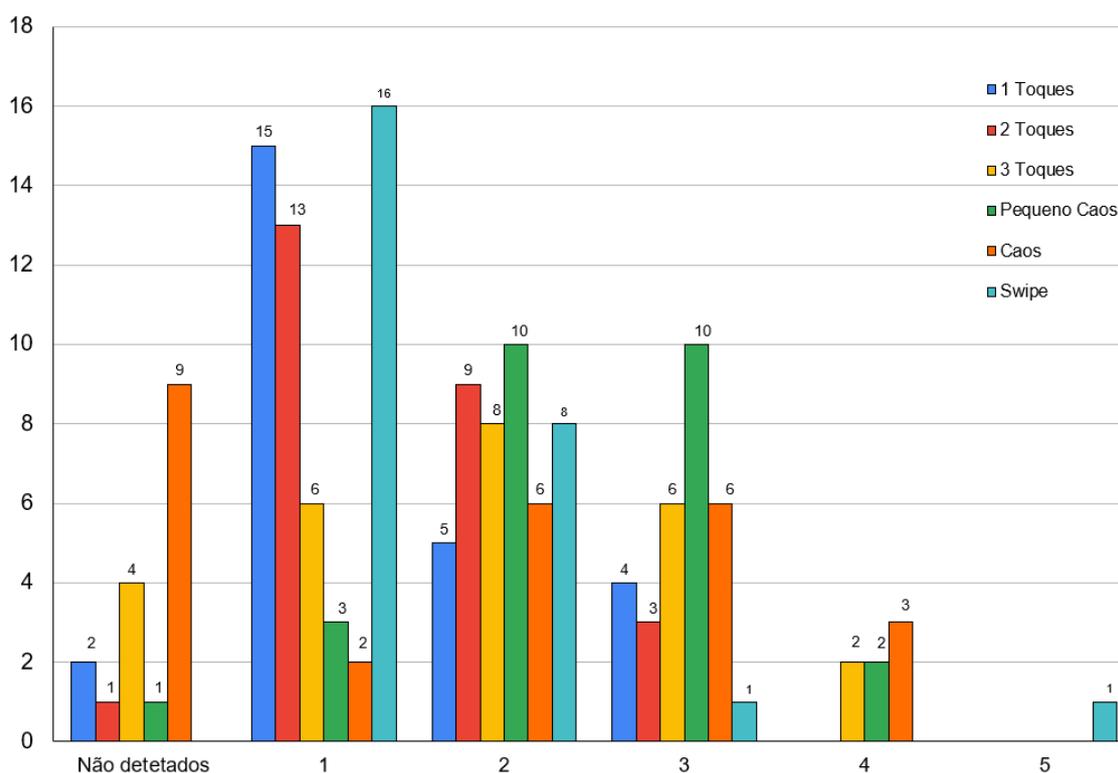


Figura 5.8: Resultados obtidos na escala Likert para a pergunta "A funcionalidade X foi difícil de executar (1-Discordo Totalmente a 5-Concordo Totalmente). Mais resultados na Tabela 5.4 para as anotações de A3 a A8.

informação ao utilizador que executava uma ação com 25% da população a concordar com a afirmação A10 da Tabela 5.4. Os utilizadores durante o experimento afirmaram que a notificação da ação os ajudou também a perceber a ação que realizavam e se por exemplo começavam a realizar uma ação com três toques, percebiam logo que havia ações com um e dois toques.

5.3.3 Estudo B - realizar tutorial e interagir com o avatar para completar a missão (E.B)

Nesta subsecção são apresentados os resultados relativos ao E.B que é composto por duas tarefas. O utilizador começa por realizar o tutorial sabendo que existem várias formas de interagir com o avatar através de toques e deslizes no ecrã. Quando o utilizador acerta ou erra uma ação no tutorial existe uma reação sonora e visual com pelo menos 75% a perceber completamente essa informação como apresentado na Tabela 5.5.

No tutorial, os utilizadores interagem pela primeira vez com o microfone. Nesta etapa, 27% pediu ajuda para interagir com o botão. Esses utilizadores não percebiam que só podiam falar depois do som, então o microfone não captava toda a informação. No total, 30% concordou com a dificuldade de interagir com o microfone, contudo pelo menos 75% da população concordou na acessibilidade do tutorial como mostra a afirmação B14 da

Tabela 5.5: Resultados na escala de Likert para o questionário após a primeira tarefa do E.B.

Afirmção	Q1	Mediana	Q3
B11. Percebi que quando errava/acertava uma pergunta o avatar virtual realiza uma ação negativa/positiva, respetivamente, enquanto ouvia um som negativo/positivo, respetivamente.	5	5	5
B12. A funcionalidade de interagir com o microfone foi difícil de executar.	2	2	4
B13: Percebi que enquanto me movimentei à volta da imagem, o avatar virtual rodava em torno da minha direção.	4	4	5
B14. O tutorial foi acessível de realizar.	5	5	5

Tabela 5.6: Resultados na escala de Likert para o questionário após a segunda tarefa do E.B.

Afirmção	Q1	Mediana	Q3
B15. Sempre que havia interação com o avatar, ganhava pontos. Considero que foi acessível de perceção o ganho de pontos.	5	5	5
B16. Quando houve interação com o avatar, a música incomodou-me.	1	1	1
B17. O objeto virtual Meta:20 pontos foi-me útil para lembrar o objetivo referido no diálogo do tutorial.	4	5	5
B18. Sempre que realizava uma ação, reparei que o avatar virtual executava a dança alinhado na minha direção.	5	5	5
B19. O modo foi acessível de realizar.	5	5	5

Tabela 5.5.

Os utilizadores podiam mover-se à volta do marcador de RA e conforme se moviam, o avatar virtual seguia a direção do utilizador. Mais de 50% da população (Ver Tabela 5.5) concordou que percebeu o movimento com 23% dos utilizadores a permanecerem na mesma posição durante a realização do tutorial. Por último, em média os utilizadores demoraram 1 minuto e 58 segundos a realizar o tutorial.

Os utilizadores em seguida à realização do tutorial, iniciam a segunda tarefa do E.B que lhes permite executar as ações curtas já descobertas para completar a missão de ganhar vinte pontos. Como já sabiam quais eram as ações curtas, realizaram a tarefa sem qualquer ajuda. Um dos tópicos importantes a focar é a afirmação B18 da Tabela 5.6 pois na disputa de atenção nos testes colaborativos, os utilizadores ao movimentarem-se conseguem perceber que o avatar virtual realiza a animação a olhar para a pessoa que executou a ação. Ao compreender esse *feedback* no teste individual pode fomentar a interação colaborativa. Mais de 75% da população entendeu totalmente a afirmação B18.

Relativamente a outro tipo de *feedback* temos a afirmação B15 e B17 da Tabela 5.6 onde na afirmação B15 mais de 70% da população concordou totalmente na perceção do ganho de pontos e quanto à afirmação B17 mais de 50% da população concordou totalmente

com a utilidade da meta virtual dos pontos. Durante a avaliação, alguns utilizadores afirmaram que não avaliavam que concordavam totalmente porque achavam que era mais útil a meta estar junto dos pontos: pontos/meta. Mais de 70% da população afirmou que o modo foi acessível de realizar com um tempo de realização médio de 2 minutos e 12 segundos e de positividade de expressões corporais com mediana 4.

Relativamente às ações, a percentagem da execução da ação caos subiu relativa ao E.A para 77% da população. Podemos observar no gráfico da Figura 5.10 que as ações de deslizar o dedo no ecrã e o pequeno caos foram sempre realizadas. As ações de um, dois e três toques não foram realizadas por 4 utilizadores da população focando-se nas outras

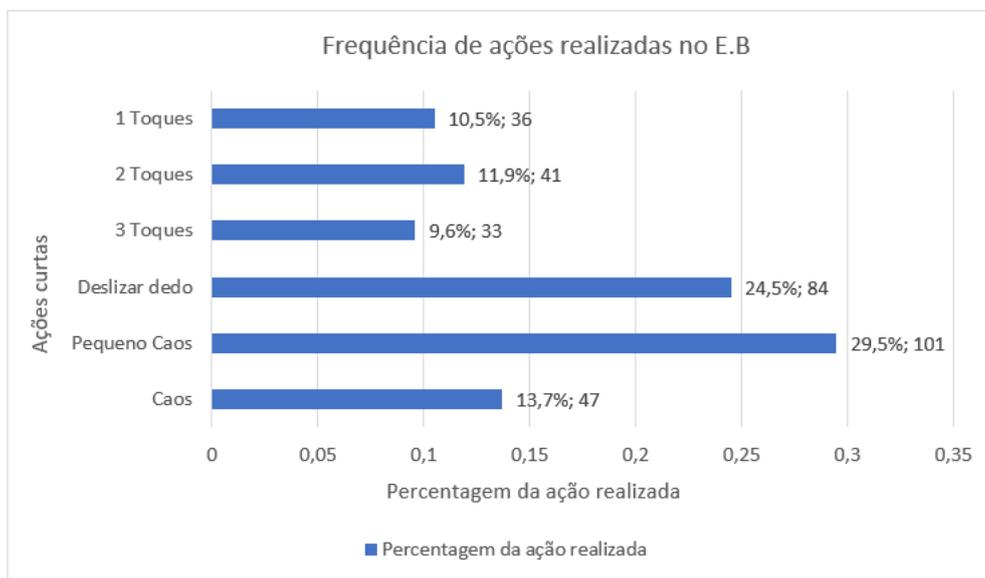


Figura 5.9: Resultados das anotações do histórico de ações realizadas na segunda tarefa do E.B.

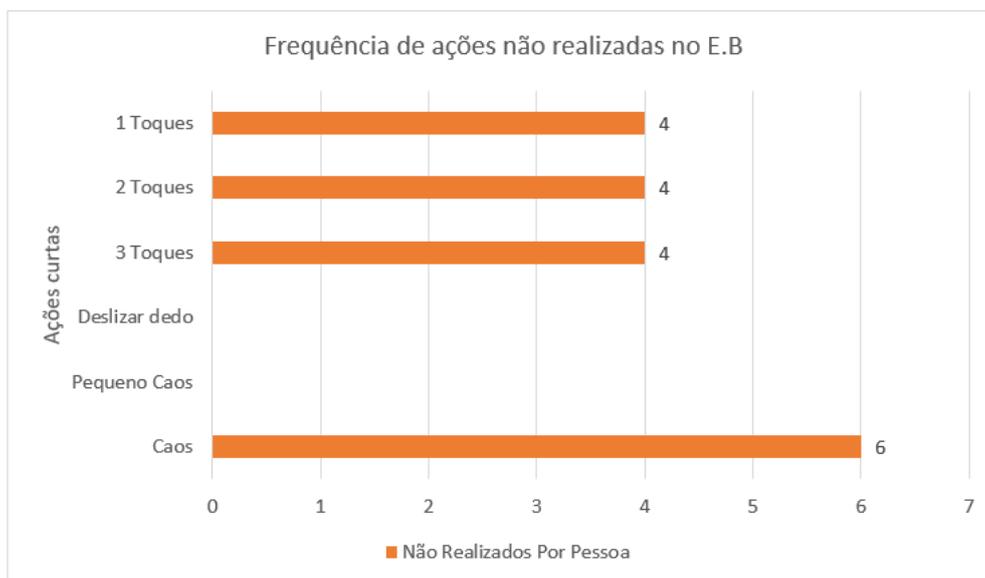


Figura 5.10: Resultados de ações não realizadas por pessoa na segunda tarefa do E.B.

ações (Ver gráfico da Figura 5.9). Um fator que pode ter influenciado estes resultados é que pelo menos 50% da população afirmou que reparou que as ações pequeno caos e caos permitiam ganhar mais pontos.

5.3.4 Estudo C (E.C) - interagir com o avatar virtual em grupo usando ações curtas (E.C)

Neste teste, os utilizadores realizam-no em grupo de dois. O objetivo é que os utilizadores interajam com o avatar durante três minutos através de ações curtas para avaliar a percepção do *feedback* visual. Na Tabela 5.7 as afirmações C21 e C22 são muito importantes num sistema colaborativo devido às informações que enviam para estimular a interação presencial entre os presentes. Com pelo menos 75% dos utilizadores a concordarem completamente com a percepção da notificação das ações e com pelo menos 50% a concordarem totalmente com a visualização do avatar virtual a rodar em direção à pessoa que executou a ação. Muitos dos utilizadores apontavam este aspeto para competirem entre si e disputarem quem fazia a ação primeiro para interagir com o avatar. Com isto, pelo menos 50% dos utilizadores concordaram absolutamente na positividade da comunicação colaborativa. Neste teste, a avaliação das expressões corporais subiu, com uma mediana de 5. No gráfico da Figura 5.11 é observado o histórico das ações realizadas pelos grupos em todos os minutos. As ações menos realizadas foram de dois e três toques, enquanto que as ações mais realizadas foram o deslizar o dedo no ecrã e o pequeno caos.

5.3.5 Estudo D - interagir com o avatar virtual em grupo com ações curtas e longas (E.D)

Neste último teste, os utilizadores interagem com as ações curtas e longas para perfazer os vinte pontos estabelecidos para completar a missão. Relativamente ao minijogo dos objetos escondidos, todos os utilizadores encontraram os objetos em conjunto e pelo menos 25% dos utilizadores concordaram totalmente que a interação foi positiva (Ver Tabela 5.8). Neste minijogo, para facilitar o movimento e a desinfecção, o marcador da avó foi colado

Tabela 5.7: Resultados na escala de Likert para o questionário do teste E.C.

Afirmação	Q1	Mediana	Q3
C20. Considero que a interação/comunicação presencial entre as pessoas e o avatar virtual foi positiva.	4	5	5
C21. Considero que sempre que uma ação era executada, a informação relativa à pessoa que realizou a ação e qual foi a ação foi perceptível no ecrã.	5	5	5
C22. Considero que foi perceptível sempre que uma ação era executada o avatar virtual rodava em direção à pessoa que ganhou a ação.	4	5	5

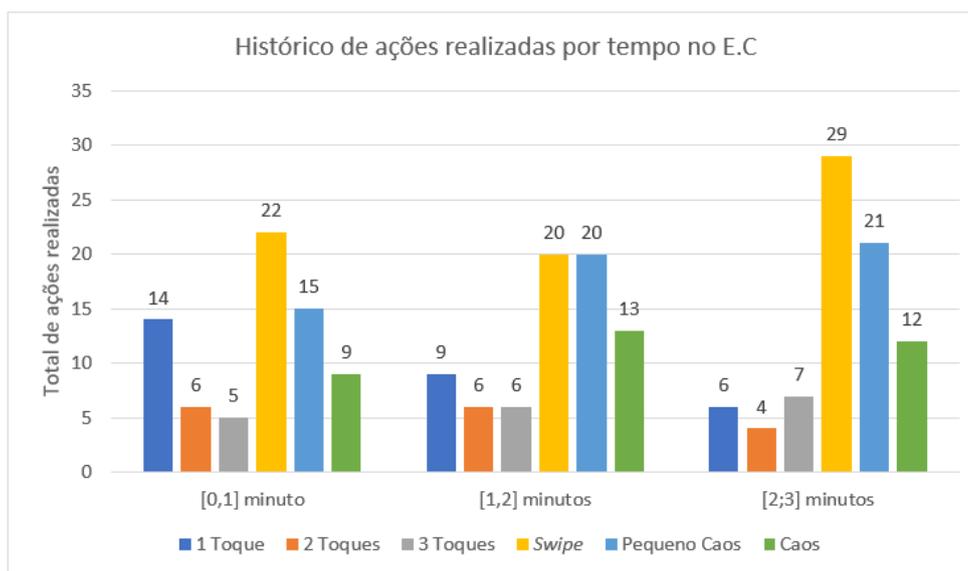


Figura 5.11: Resultados das anotações do histórico de ações do E.C.

a uma raquete de ténis de mesa. As anotações relativas à movimentação do marcador permitiram concluir que 54% dos utilizadores pediram ajuda pois não perceberam que era para juntar os marcadores apesar de perceberem que era para interagir com o marcador da avó. A afirmação D24 informa que pelo menos 50% dos utilizadores percebeu que a imagem da avó estava incluída no minijogo. Contudo, 39% dos utilizadores perceberam que era para realizar e aproximaram logo o marcador da avó ao marcador central. Apenas um grupo pegou no marcador, mas não o aproximou ao marcador central, demorando um pouco a perceber a ação a realizar para visualizarem a pista. Nem todos os utilizadores que pediram ajuda, utilizaram o botão de ajuda na interface. Dos 7 grupos que pediram ajuda, cinco carregaram no botão. Apesar destes valores tão altos nesta etapa, os utilizadores conseguiram concluir o minijogo sem dificuldades com pelo menos 50% dos utilizadores a afirmarem que o minijogo foi acessível de realizar (Ver D23 da Tabela 5.8).

Relativamente ao minijogo do fantasma, todos os utilizadores comentaram as respostas e ajudaram-se. As minhas anotações relativas à positividade da interação são diferentes às da Tabela 5.8, onde o primeiro quartil apresenta o valor 5. Mesmo assim, os utilizadores concordaram com a afirmação D29. Neste minijogo, houve uma maior comunicação do que em qualquer outro minijogo devido à dificuldade da ação. 50% dos utilizadores achou que o microfone não os incomodou quando captou vozes, porque o microfone nem chegou a captar as vozes do colega. A afirmação D28 também faz mais sentido ser avaliada quando o sistema é utilizado por mais que duas pessoas. Durante o minijogo, os utilizadores tentavam responder um a seguir ao outro tempo enquanto se ajudavam e tentavam descobrir a resposta em conjunto. O que foi referido acabou por influenciar a afirmação D26 com pelo menos 50% da população a concordar com a acessibilidade do minijogo.

Relativamente ao minijogo de descobrir a palavra, nenhum grupo reiniciou o minijogo

Tabela 5.8: Resultados na escala de Likert para o questionário de cada minijogo do E.D.

Afirmação	Q1	Mediana	Q3
Minijogo dos Objetos Escondidos			
A23. Considero que o minijogo foi acessível de realizar.	4	5	5
D24. Considero que foi acessível de perceber que a imagem da avó também estava incluída para completar este minijogo.	3	4	5
D25. Considero que a interação neste minijogo entre as pessoas e o avatar virtual foi positiva.	5	5	5
Minijogo Fantasmilha			
D26. Considero que o minijogo foi acessível de realizar.	4	4	5
D27. Percebi que quando acertava/errava uma pergunta, o som e as animações do avatar ajudavam na perceção de que acertei/errei, respetivamente.	4	5	5
D28. Considero que foi incomodo quando o meu microfone captou vozes das pessoas à minha volta.	1	2	3
D29. Considero que a interação neste minijogo entre as pessoas e o avatar virtual foi positiva.	4	5	5
Minijogo de Descobrir a Palavra			
D30. Considero que o minijogo foi acessível de realizar.	4	5	5
D31. Percebi que quando acertava/errava uma letra, o som e as animações do avatar ajudam nessa perceção.	5	5	5
D32. Considero que a interação neste minijogo entre as pessoas e o avatar virtual foi positiva.	5	5	5

e o maior número de vidas perdidas foi 5. Os utilizadores concordaram totalmente com a perceção do acerto/erro de uma letra com o som e as animações realizadas pelo avatar. Dos 13 grupos, apenas 4 entraram pelo menos uma segunda vez neste minijogo e tiveram

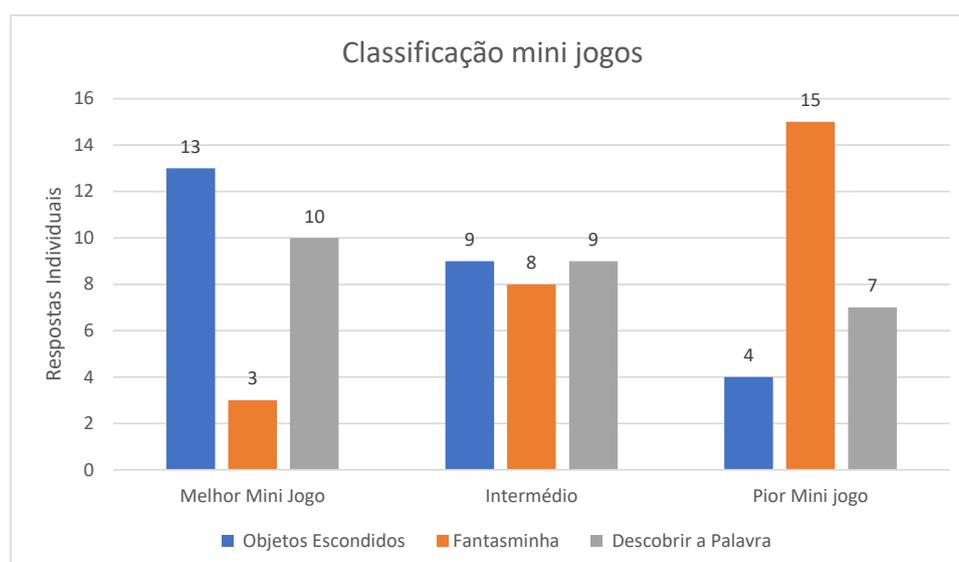


Figura 5.12: Resultados das classificações do melhor minijogo para o pior minijogo do E.D.

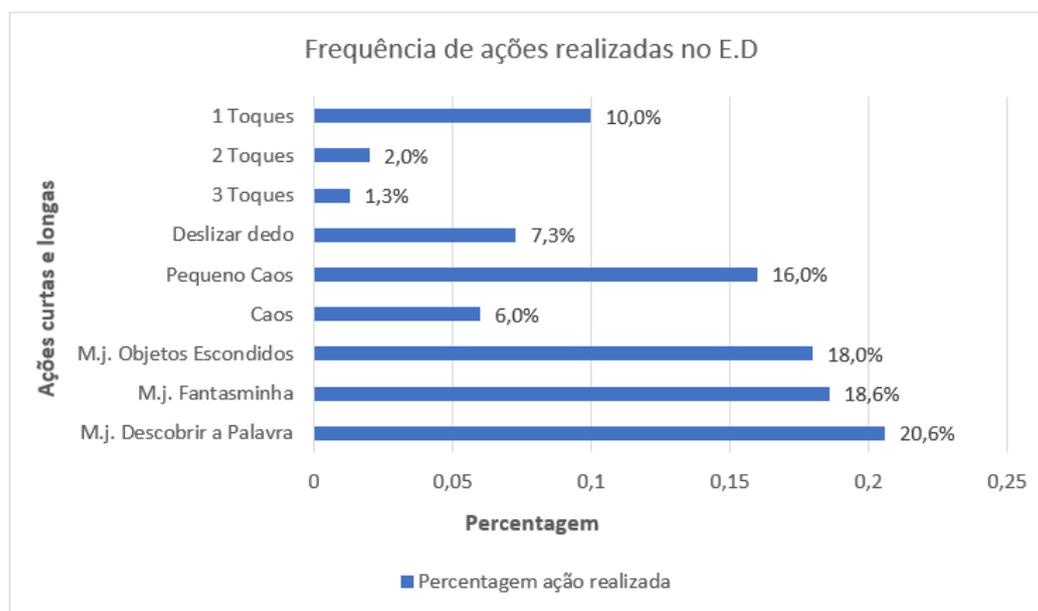


Figura 5.13: Resultados das anotações do histórico de ações do E.D.

mais dificuldades a adivinhar a palavra. Contudo, pelos menos 25% dos utilizadores concordou totalmente com a positividade da interação presencial.

Em relação ao Modo Surpresa, pelo menos 25% dos utilizadores concordou totalmente com a acessibilidade deste modo e com 100% de preferência dos utilizadores comparado com os modos que não apresentam minijogos. Ou seja, os utilizadores preferiram os minijogos às ações curtas. Em média, os utilizadores demoraram 9 minutos e 15 segundos a realizar este modo, com um grupo a atingir o tempo mínimo de 6 minutos e 25 segundos. No gráfico da Figura 5.12 é observado que metade da população prefere o minijogo dos objetos escondidos enquanto que 58% da população afirmou que o pior minijogo é o do fantasmilha. Como observado no gráfico da Figura 5.13, o minijogo de descobrir a palavra teve mais entradas em relação aos outros minijogos e as ações curtas mais realizadas são o pequeno caos e um toque no ecrã.

5.3.6 Usabilidade do Sistema

Nesta subsecção, os resultados do SUS são analisados como também outras questões de usabilidade do sistema. O SUS é composto por dez questões e avaliado segundo a escala de Likert de 1-Discordo Completamente a 5-Concordo Totalmente. O SUS permite avaliar uma grande variedade de produtos relativamente à capacidade de completar tarefas no sistema e da qualidade de resposta dessas tarefas, ao nível de consumo de recursos na execução dessas tarefas e à satisfação do utilizador. O resultado do SUS produz um único número que representa uma medida da usabilidade geral do sistema em estudo. Na Tabela 5.9 são apresentados os dados estatísticos das respostas dos SUS.

As questões SUS são individuais e são calculadas para cada resposta usando as instruções no documento de Brooke [35]. Após isso, é calculado a média dos resultados

Tabela 5.9: Resultados estatísticos do SUS individual.

Afirmações	Q1	Mediana	Q3
1. Considero que utilizaria este sistema frequentemente.	3	4	4
2. Considero o sistema desnecessariamente complexo.	1	1	2
3. Considero que o sistema foi fácil de utilizar.	4	5	5
4. Considero que necessitaria de auxilia para ser capaz de utilizar o sistema.	1	2	3
5. Considero que as várias funções do sistema estão bem integradas.	4	4	5
6. Considero que existe demasiada inconsistência no sistema.	1	1	1
7. Considero que a maioria das pessoas irão aprender a utilizar este sistema muito rapidamente.	4	4	5
8. Achei o sistema muito desconfortável de utilizar.	1	1	1
9. Senti-me muito confiante durante a utilização do sistema.	4	4	5
10. Necessitaria de aprender muitas coisas antes de utilizar este sistema.	1	1	1

Tabela 5.10: Resultados estatísticos às questões de usabilidade específicas do sistema.

Afirmações	Q1	Mediana	Q3
O sistema ajustou-se corretamente ao dispositivo que utilizei.	4	4	5
Os aspetos visuais envolveram-me no sistema.	4	5	5
Os aspetos sonoros envolveram-me no sistema.	4	5	5
O sistema respondeu rapidamente a diversas ações.	4	4	4
Tive algumas dificuldades a interagir com o avatar virtual.	1	2	2
Os elementos visuais foram distrativos no decorrer do sistema.	1	1	2
Considero que a proporção dos elementos virtuais estavam perceptíveis aquando a deteção da imagem física.	4	5	5
Os minijogos do menu ajudaram a fomentar a comunicação presencial.	4	5	5
Considero que era mais motivador ir a museu que oferece uma experiência de realidade aumentada.	4	4.5	5

que origina o resultado final do SUS que deu aproximadamente 85.87. Para uma melhor compreensão do resultado do SUS foram propostas três escalas de avaliação pelos autores Bangor, Kortum e Miller [36] nomeadamente classificações de adjetivos, índices de aceitabilidade e escala de notas escolares (A, B, C, D, E, F). Estas escalas de avaliação são apresentadas na Figura 5.14. Comparando o resultado do sistema com as propostas de avaliação, o sistema é considerado “Aceitável” na escala de aceitabilidade, “Excelente” na classificação de adjetivos e de nota B.

Relativamente às questões de usabilidade específicas do sistema proposto, os resultados são apresentados na Tabela 5.10. Estas questões tiveram o intuito de avaliar diversos aspetos gerais que afetam os utilizadores quando utilizam o sistema como aspetos visuais,

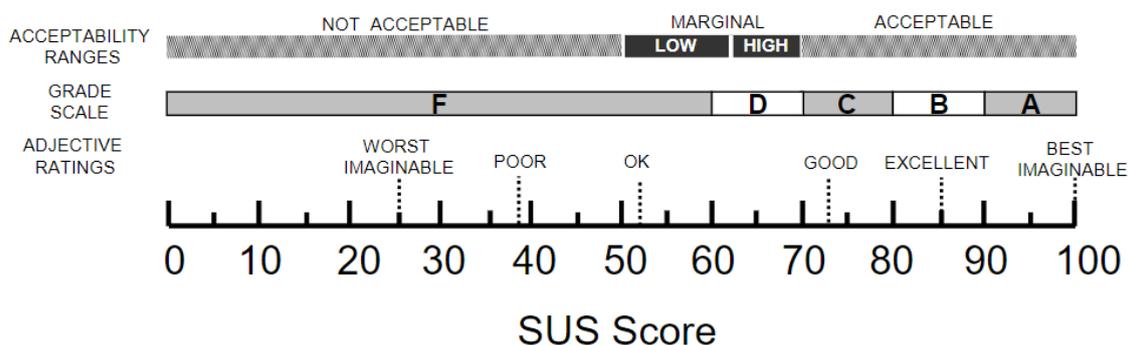


Figura 5.14: Escalas de classificação do SUS, segundo os autores Bangor, Kortum e Miller [36].

sonoros entre outros.

5.3.7 Discussão

Depois dos dados serem analisados, é apresentada uma visão geral dos resultados com informações objetivas e subjetivas dos testes de utilizador para responder às questões de investigação.

A análise e discussão de resultados será apresentada pela seguinte ordem: Manipulação, Visualização e Áudio e Interação Avatar e Utilizadores.

Relativamente à descoberta das ações curtas no E.A, muitos dos utilizadores perceberem que tinham de tocar no ecrã devido ao nome do modo (Modo Toques) onde afirmaram que o nome era intuitivo para o que tinham de realizar. Assim, a acessibilidade do modo foi fácil de perceber (Ver A1 e A2 da Tabela 5.4). Apesar disso, tentaram realizar interações que vale a pena destacar nomeadamente abanaram o telemóvel, tocaram simultaneamente com vários dedos no ecrã e tocaram e movimentaram um ou dois dedos ao longo do ecrã ao mesmo tempo. A ideia de sacudir o telemóvel já tinha sido pensada, mas nunca seria viável devido à inconsistência na deteção do marcador. Contudo, as outras sugestões são opções a considerar visto que o número de ações para um sistema em grande escala pode não ser suficiente. Uma ação que se destacou neste teste foi o deslizar o dedo no ecrã, mostrando resultados muito positivos relativamente à facilidade de execução desta ação. A ação que mostrou resultados menos positivos foi a ação caos devido às condições especificadas na secção 4.6. Como o intuito era provocar choque no utilizador deveria ser uma ação mais difícil de encontrar, contudo os utilizadores ficaram mais entusiasmados com esta ação referenciando sempre o entusiasmo pela música e pelos mini avatares a dançarem. Duas das pessoas, afirmaram que esta animação deveria durar mais tempo para usufruírem mais tempo da música. Nos testes seguintes, no E.B e o E.C, a ação mais realizada foi o pequeno caos porque os utilizadores estavam a tentar realizar a ação caos. Em comparação do E.A com o E.C houve uma diminuição da percentagem de utilizadores que não realizou todas as ações com uma diferença quase de metade, com 68% para o E.A e 38% para o E.B. No E.B, o número de ações pequeno caos e caos também aumentaram

porque os utilizadores perceberam e acharam intuitivo estas ações valerem mais também pelo facto de serem mais complicadas de realizar.

Relativamente ao minijogo do fantasma, os utilizadores tinham que manipular o botão do microfone. Durante os testes de utilizador, existiu alguns problemas com esta interação, nomeadamente os utilizadores dizerem a resposta correta, contudo o microfone não captava corretamente a resposta e o utilizador ficava com uma resposta errada quando a acertou. Neste minijogo, os utilizadores deram uma sugestão para melhorá-lo ao adicionar um temporizador para os utilizadores terem noção do tempo. Estas observações influenciaram nos resultados da afirmação D26 da Tabela 5.8 e também na classificação dos resultados mostrados no Gráfico 5.12. O minijogo do fantasma teve uma percentagem muito elevada de escolha como pior minijogo, contudo foi onde os utilizadores comunicaram mais e mais se ajudaram a responder às perguntas com a afirmação D29 da Tabela 5.8 positiva. Esta interação com o microfone pode ser melhorada ao retirar a opção de resposta única e ao adicionar um temporizador no ecrã ou um temporizador virtual. É de notar que no teste com o utilizador do dispositivo móvel com versão 11.X o microfone não funcionou (o utilizador realizou o minijogo em conjunto com o colega) devido a um problema no *plugin* que já foi resolvido pelos autores à data da escrita deste capítulo.

Em relação à introdução do segundo marcador de RA no E.D, muitos dos utilizadores perceberam que o marcador estava incluído no minijogo (Ver afirmação D23 da 5.8) e deslocavam-se para a detetar acabando por deixar de detetar o marcador principal. Foram apenas 39% dos utilizadores que realizaram com sucesso e afirmaram que quando olharam para a raquete perceberam que tinham de movimentar a imagem. Apesar destes resultados, os utilizadores concordaram com a acessibilidade do minijogo (Ver D23 da Tabela 5.8) onde dois deles afirmaram que deveria haver mais interação com outros tipos de marcadores de RA. Durante os testes, os utilizadores reagiram positivamente à música e à dança do avatar virtual com diversos utilizadores a tentarem imitar a dança. Estas pistas influenciaram o sistema positivamente com mediana 5 visível na Tabela 5.10.

Os testes colaborativos foram diferentes, o E.C teve um aspeto mais competitivo enquanto o E.D teve um aspeto mais colaborativo. No E.C os utilizadores disputavam pela atenção do avatar e todas as componentes como a rotação do avatar e a notificação foram chave para os resultados positivos (Ver D21 e D22 da Tabela 5.8) com vários utilizadores apontarem esses factos para “discutir” com o colega. Neste teste, alguns utilizadores descobriram que podiam ganhar a ação mais rapidamente com o deslizar o dedo no ecrã e é por isso que o total de ações realizadas em cada minuto é tão elevada como mostrado no Gráfico 5.12. No E.D os utilizadores comunicaram muito mais e ajudaram-se mutuamente a realizar as ações mais complexas comprovados pelos resultados positivos das interações em cada minijogo das afirmações D25, D29 e D32 da Tabela 5.8.

Analisando no geral os resultados dos dados pode-se entender melhor o impacto da RA. Respondendo à questão de investigação principal, os resultados mostram que os utilizadores preferem realizar ações que tenham um impacto mais visual reforçado pela

quantidade de ações realizadas do pequeno caos e caos. As ações mais básicas como 1 toque ou deslizar o dedo, são intuitivas para o utilizador explorar o sistema sem precisar de ajuda como mostrado nos resultados do SUS na Tabela 5.9. Outras ações podem ser melhoradas para ter um impacto mais positivo, como por exemplo a ação do caos, o microfone e o marcador de RA. A ação do microfone foi inconclusiva, seria necessário investigar mais sobre esta ação com mais utilizadores presentes na sala e com mais informação visual, o temporizador. Respondendo à questão de investigação 1.1 e 1.2, descobrimos que quanto maior for a complexidade da ação ou quanto maior for o *feedback* visual ou auditivo, melhor é a comunicação presencial, existindo uma grande competitividade no modo que era só para realizar ações curtas. As ações simples como toques são intuitivas e tornam o sistema fácil de utilizar, contudo a informação visual colaborativa, como notificações, a rotação do avatar, a dança, destacou-se por fomentar a interação em grupo. Nos minijogos, os utilizadores ajudaram-se mutuamente, quando um tinha dificuldade por exemplo na utilização do marcador de RA da avó, discutiam a melhor solução para executar a tarefa. Os diferentes minijogos reproduziam sentimentos diferentes nos utilizadores. No Modo Toques, os utilizadores apresentavam um carácter mais competitivo e no Modo Surpresa, um carácter mais colaborativo, contudo a interação entre os utilizadores e o avatar virtual foi positiva e comprovada pelos resultados da Tabela 5.8. O impacto obtido foi no geral positivo com comprovação do resultado do SUS a avaliar a aplicação como “Excelente” de valor 85.87.

CONCLUSÕES

A Realidade Aumentada é uma tecnologia que permite tirar vantagem da comunicação natural e do mundo a que o utilizador está habituado ao realizar tarefas intuitivas numa interface que oferece a visualização de conteúdo virtual sobreposto no mundo real. Qualquer imagem disposta no ambiente do utilizador, desde que tenha características suficientes para detetar, pode ser usada num sistema RA. Os utilizadores ficam imersos no conteúdo virtual, mas ainda continuam num ambiente familiar e isto promove as interações mais naturais, nomeadamente através de gestos e comunicação.

A Realidade Aumentada é combinada em diversas áreas, como educação, entretenimento, herança e cultura, entre outros e podem ser melhoradas pela atração e realismo do conteúdo virtual sobreposto no mundo real do utilizador. Contudo, num ambiente colaborativo, isto não chega, são necessárias pistas visuais que ajudam o utilizador a imergir-se na disputa de atenção pelo avatar nos vários modos de jogo e a comunicarem entre si. Estas pistas são a chave para o sucesso para este tipo de RA colaborativo evitando a perda de informações importantes para o trabalho em grupo.

Os sistemas criados em RA estão em constante desenvolvimento e melhoramento devido à disponibilização de ferramentas que auxiliam na criação de aplicações acessíveis em diversos dispositivos. O dispositivo MAR mais usado pelo utilizador é o *smartphone*. O sistema apresentado nesta dissertação teve em consideração a este fator, bem como, ao sistema operativo mais comum, o Android.

O sistema foi implementado com o pensamento na usabilidade, na eficiência e no *feedback* visual e auditivo para oferecer aos utilizadores um sistema intuitivo. Assim, os utilizadores conseguem perceber o que se está a passar no sistema, ou seja, qual foi o utilizador que realizou a ação através das pistas visuais como a rotação do avatar e da notificação da ação. E isto, abre portas para a comunicação e interação natural entre os utilizadores.

Os resultados dos testes dos utilizadores mostraram que a interação em diferentes modos de jogo foi positiva, revelando algumas interações mais benéficas que outras, nomeadamente as ações mais simples, são as mais intuitivas e as ações mais complexas são

as mais desejadas pelos utilizadores. Se olharmos para o sistema com um carácter competitivo, o Modo Toques é o melhor para disputar a atenção do avatar enquanto que com um carácter colaborativo o Modo Surpresa é o melhor para a comunicação e ajuda entre utilizadores. No geral, a comunicação entre os utilizadores bem como a experiência de utilização do sistema foi positiva e, tornou o sistema apelativo para os utilizadores com muitos deles a experienciarem pela primeira vez uma aplicação em RA. Estes resultados só foram possíveis com a vantagem das informações visuais e auditivas em sistemas baseados em RA. Para reforçar, neste tipo de sistema é fundamental utilizar este tipo de pistas visuais que fomentam o trabalho colaborativo, o ensino e o entusiasmo do utilizador perante o sistema.

6.1 Trabalho Futuro

O desenvolvimento da continuação desta dissertação começaria por criar novos tipos de interações básicas e intuitivas para o utilizador, como o tocar simultaneamente com vários dedos no ecrã ou tocar e movimentar um ou dois dedos ao longo do ecrã ao mesmo tempo ou interagir com objetos do ambiente virtual. Outro tópico seria aumentar o número de ações curtas com diferentes níveis de complexidade pois, quanto maior a complexidade maior é a preferência do utilizador. Isto foi comparado pela preferência do modo com minijogos pelos utilizadores. Com um maior número de ações curtas implicaria repensar a customização e a alteração das funcionalidades ao criar uma interface de configuração, ao invés de alterar diretamente num ficheiro configurável. Assim, qualquer pessoa sem experiência em programação poderia alterar e recriar um novo sistema.

Seria interessante adicionar e explorar mais aprofundadamente a interação com objetos físicos do mundo do real, ou, usar mais marcadores de RA para fomentar a componente didática no sistema. Outro aspeto seria alterar os minijogos, nomeadamente a interação do microfone pois este apesar de ser interessante para os utilizadores não foi conclusivo. A tarefa poderia ter sido mais promissora se estivesse sido implementado um temporizador para os utilizadores terem noção do tempo. É ainda de realçar que na secção 3.3 foi referido que apesar de estar previsto a integração com um sistema de sala sensorizada, este não está no âmbito desta dissertação. Estas novas formas de interação com o avatar através de sensores físicos anexados a objetos comuns do dia resultam numa ideia interessante que pode ter alguns problemas relativos ao tempo de resposta do sistema. Este aspeto é decisivo num sistema colaborativo de RA. Na implementação desta ideia, também é necessário considerar a velocidade da partilha de informação entre os sensores-servidor e servidor-telemóvel, bem como, a forma de tratamento dos dados recebidos pelos sensores. Estas ideias de trabalho futuro apresentadas acima podem ajudar a melhorar a eficiência do sistema e consequentemente melhorar a interação colaborativa com um avatar virtual, em tempo real.

BIBLIOGRAFIA

- [1] J. M. Lourenço. *The NOVAthesis L^AT_EX Template User's Manual*. NOVA University Lisbon. 2021. URL: <https://github.com/joaomlourengo/novathesis/raw/master/template.pdf> (ver p. v).
- [2] R. T. Azuma. "A Survey of Augmented Reality". Em: *Presence: Teleoper. Virtual Environ.* 6.4 (1997), pp. 355–385 (ver pp. 1, 7, 16).
- [3] J. Grudin. "Computer-supported cooperative work: history and focus". Em: *Computer* 27.5 (1994), pp. 19–26 (ver p. 2).
- [4] Z. Szalavári, D. Schmalstieg, A. Fuhrmann e M. Gervautz. "'Studierstube': An environment for collaboration in augmented reality". Em: *Virtual Reality* (1998), pp. 37–48 (ver pp. 2, 3, 21, 23).
- [5] M. Billinghurst, A. Clark e G. Lee. "A Survey of Augmented Reality". Em: *Found. Trends Hum.-Comput. Interact.* Vol. 8. 2-3. Now Publishers Inc, 2015, pp. 73–272 (ver pp. 7–10, 15).
- [6] J. Jacob e R. Nóbrega. "Collaborative Augmented Reality for Cultural Heritage, Tourist Sites and Museums: Sharing Visitors'Experiences and Interactions". Em: abr. de 2021, pp. 27–47 (ver p. 8).
- [7] D. Chatzopoulos, C. Bermejo, Z. Huang e P. Hui. "Mobile Augmented Reality Survey: From Where We Are to Where We Go". Em: *IEEE Access* 5 (2017), pp. 6917–6950 (ver pp. 8–10, 12, 13).
- [8] J. W. Burke, M. D. McNeill, D. K. Charles, P. J. Morrow, J. H. Crosbie e S. M. McDonough. "Augmented Reality Games for Upper-Limb Stroke Rehabilitation". Em: *2010 Second International Conference on Games and Virtual Worlds for Serious Applications*. IEEE, 2010, pp. 75–78 (ver pp. 9, 20).
- [9] B. P. K. Rana. "Augmented Reality Engine Applications: A Survey booktitle= 2019 International Conference on Communication and Signal Processing (ICCSP), Chennai, India". Em: 2019, pp. 0380–0384 (ver p. 10).

- [10] G. S. V. Itzstein, M. Billinghurst, R. T. Smith e B. H. Thomas. “Augmented Reality Entertainment: Taking Gaming Out of the Box”. Em: *Encyclopedia of Computer Graphics and Games*. 2019 (ver pp. 10, 16).
- [11] K. Kim, M. Billinghurst, G. Bruder, H. B. L. Duh e G. F. Welch. “Revisiting trends in augmented reality research: A review of the 2nd Decade of ISMAR (2008-2017)”. Em: *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* 24.11 (2018), pp. 2947–2962 (ver p. 10).
- [12] W. Toishita, Y. Momoda, R. Tenmoku, F. Shibata, H. Tamura, T. Taketomi, T. Sato e N. Yokoya. “A Novel Approach to On-Site Camera Calibration and Tracking for MR Pre-visualization Procedure”. Em: *R. Shumaker (Ed.): Virtual and Mixed Reality*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2009, pp. 492–502 (ver p. 10).
- [13] M. Hamidia, N. Zenati-Henda, H. Belghit e M. Belhocine. “Markerless tracking using interest window for augmented reality applications”. Em: *2014 International Conference on Multimedia Computing and Systems (ICMCS)*. IEEE, 2014, pp. 20–25 (ver p. 10).
- [14] M. Billinghurst, R. Grasset e H. Seichter. “Tangible Interfaces for Ambient Augmented Reality Applications”. Em: *Human-Centric Interfaces for Ambient Intelligence* (2010), pp. 281–302 (ver p. 11).
- [15] M. Billinghurst, H. Kato e I. Poupyrev. “Tangible Augmented Reality”. Em: *ACM SIGGRAPH ASIA 2008 Courses* (2008) (ver p. 11).
- [16] M. Billinghurst, H. Kato e I. Poupyrev. “Collaboration with tangible augmented reality interfaces”. Em: *Human-Computer Interaction 2001* (2001), pp. 797–803 (ver pp. 11, 12, 22, 23).
- [17] O. Bimber e R. Raskar. “Modern Approaches to Augmented Reality”. Em: *ACM SIGGRAPH 2007 Papers - International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques* (2005) (ver p. 12).
- [18] S. Ternier, R. Klemke, M. Kalz, P. Van Ulzen e M. Specht. “ARLearn: Augmented Reality Meets Augmented Virtuality”. Em: *Journal of Universal Computer Science* 18 (2012) (ver pp. 13, 14).
- [19] M. K. Bekele, R. Pierdicca, E. Frontoni, E. S. Malinverni e J. Gain. “A Survey of Augmented, Virtual, and Mixed Reality for Cultural Heritage”. Em: *J. Comput. Cult. Herit.* 11.2 (2018) (ver p. 14).
- [20] M. Billinghurst, H. Kato e I. Poupyrev. “The MagicBook: a transitional AR interface”. Em: *Computers & Graphics* 25 (2001), pp. 745–753 (ver p. 14).
- [21] M. A. Sánchez-Acevedo, B. A. Sabino-Moxo e J. A. Márquez-Domínguez. “Mobile augmented reality: Evolving human-computer interaction”. Em: *Virtual and Augmented Reality: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications*. 2018, pp. 200–221 (ver pp. 15, 19).

- [22] N. Ghouaiel, S. Garbaya, J.-M. Cieutat e J.-P. Jessel. “Mobile Augmented Reality in Museums : Towards Enhancing Visitor’s Learning Experience”. Em: *The International Journal of Virtual Reality* 17.1 (2016), pp. 21–31 (ver p. 17).
- [23] F. Liarokapis e M. White. “Augmented Reality Techniques for Museum Environments”. Em: *The Mediterranean Journal of Computers and Networks* 1.2 (2005), pp. 1744–2397 (ver p. 17).
- [24] M. White, F. Liarokapis, J. Darcy, N. Mourkoussis, P. Petridis e P. F. Lister. “Augmented Reality for Museum Artefact Visualization”. Em: *Proc. 4th Irish Workshop on Computer Graphics, Eurographics Ireland Chapter, Coleraine, Northern Ireland, 29-30th April*. The Eurographics Association, 2003, pp. 75–80 (ver p. 17).
- [25] P. Breuss-Schneeweis. ““The Speaking Celt”: Augmented Reality Avatars Guide through a Museum – Case Study”. Em: *Proceedings of the 2016 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing: Adjunct*. UbiComp ’16. Association for Computing Machinery, 2016, pp. 1484–1491 (ver pp. 17, 18).
- [26] I. Radu e B. Schneider. “What can we learn from augmented reality (AR)? Benefits and Drawbacks of AR for Inquiry-based Learning of Physics”. Em: *Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. CHI ’19. Association for Computing Machinery, 2019, pp. 1–12 (ver p. 18).
- [27] S. Roy, P. Sarkar, S. Dey, D. Programme e U. Pradesh. “Encyclopedia of Computer Graphics and Games”. Em: *Encyclopedia of Computer Graphics and Games* (2020), pp. 1–7 (ver p. 19).
- [28] H. K. Wu, S. W. Y. Lee, H. Y. Chang e J. C. Liang. “Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education”. Em: *Computers and Education* 62 (2013), pp. 41–49 (ver p. 19).
- [29] S. Sadri, S. Kohen, C. Elvezio, S. Sun, A. Grinshpoon, G. Loeb, N. Basu e S. Feiner. “Manipulating 3D anatomic models in augmented reality: Comparing a hands-free approach and a manual approach”. Em: *2019 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR)*. IEEE, 2019, pp. 93–102 (ver p. 19).
- [30] C. T. Tan e D. Soh. “Augmented reality games: A review”. Em: *3rd Asian Conference on Intelligent Games and Simulation, GAME-ON ASIA 2011 - 3rd Asian Simulation Technology Conference, ASTEC 2011* (2010), pp. 17–24 (ver p. 20).
- [31] J. M. Carmen, E. Llop, F. Abad e J. Lluch. “Learning words using augmented reality”. Em: *Proceedings - 10th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, ICALT 2010* (2010), pp. 422–426 (ver pp. 20, 21).
- [32] P. Renevier e L. Nigay. “Mobile Collaborative Augmented Reality: the Augmented Stroll”. Em: *Proceedings of the 8th IFIP International Conference on Engineering for Human-Computer Interaction*. EHCI ’01. Springer Berlin Heidelberg, 2001, pp. 299–316 (ver p. 21).

- [33] M. Billinghurst e H. Kato. “Collaborative Augmented Reality”. Em: *Communications of the ACM* 45.7 (2002), pp. 64–70 (ver pp. [22–24](#)).
- [34] T. Piumsomboon, Y. Lee, G. Lee e M. Billinghurst. “CoVAR: A Collaborative Virtual and Augmented Reality System for Remote Collaboration”. Em: *SIGGRAPH Asia 2017 Emerging Technologies*. SA '17. Association for Computing Machinery, 2017 (ver p. [24](#)).
- [35] J. Brooke. “SUS: A quick and dirty usability scale”. Em: *Usability Eval. Ind.* 189 (nov. de 1995) (ver pp. [75](#), [88](#)).
- [36] A. Bangor, P. Kortum e J. Miller. “Determining What Individual SUS Scores Mean: Adding an Adjective Rating Scale”. Em: *Journal of Usability Studies* 4 (2009), pp. 114–123 (ver pp. [89](#), [90](#)).

QUESTIONÁRIOS DE UTILIZADORES

Pós Estudo: Questionário demográfico e de caracterização em termos de RA

Idade *

Género *

Feminino

Masculino

Outra: _____

Grau de escolaridade *

1º Ciclo de Ensino Básico (4º ano)

2º Ciclo de Ensino Básico (6º ano)

3º Ciclo de Ensino Básico (9º ano)

Ensino Secundário (12º ano)

Ensino Superior: Licenciatura Completa

Ensino Superior: Licenciatura Incompleta

Ensino Superior: Mestrado Completo

Ensino Superior: Mestrado Incompleto

Ensino Superior: Doutoramento Completo

Ensino Superior: Doutoramento Incompleto

APÊNDICE A. QUESTIONÁRIOS DE UTILIZADORES

Considera-se uma pessoa recetiva a novas tecnologias? *

1 2 3 4 5

Discordo totalmente Concordo totalmente

Costuma jogar videojogos em que dispositivos? *

Marcar tudo o que for aplicável.

- Tablet
 Computador
 Telemóvel

Outra: _____

Caso tenha selecionado telemóvel na pergunta anterior, qual é a frequência que costuma jogar nesse dispositivo?

1 2 3 4 5

Raramente Muitas vezes

Já utilizou alguma aplicação ou sistema de Realidade Aumentada? *

- Sim
 Não

Outra: _____

Se respondeu sim na questão anterior, escreva abaixo o(s) nome(s). Se não se lembrar do nome escreva N/A.

Quantas vezes vai em média a um museu num mês (excluindo o tempo de pandemia)? *

- 0 vezes
- 1 a 2 vezes
- 3 a 4 vezes
- Mais de 5 vezes

Já experimentou uma aplicação ou sistema de Realidade Aumentada num museu? *

- Sim
- Não
- Outra: _____

Se respondeu sim na questão anterior, escreva o(s) nome(s) da(s) aplicação(ões) e do(s) museu(s). Se não se lembrar do nome escreva N/A.

Satisfação geral com o sistema. *

1 2 3 4 5

Nada satisfeito Muito satisfeito

Pós Estudo A

Q1: O objetivo do que era para realizar foi fácil de perceber.

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo Totalmente	<input type="radio"/>	Concordo Totalmente				

Q2: O modo foi acessível de realizar.

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo Totalmente	<input type="radio"/>	Concordo Totalmente				

Q3: A funcionalidade de dar um toque no ecrã foi difícil de executar.

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo Totalmente	<input type="radio"/>	Concordo Totalmente				

Q4: A funcionalidade de dar dois toques no ecrã foi difícil de executar.

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo Totalmente	<input type="radio"/>	Concordo Totalmente				

Q5: A funcionalidade de dar três toques no ecrã foi difícil de executar.

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo Totalmente	<input type="radio"/>	Concordo Totalmente				

Q6: A funcionalidade de dar quatro ou mais toques no ecrã (o pequeno caos) foi difícil de executar.

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo Totalmente	<input type="radio"/>	Concordo Totalmente				

Q7: A funcionalidade de dar quatro ou mais toques no ecrã (caos) foi difícil de executar.

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo Totalmente	<input type="radio"/>	Concordo Totalmente				

Q8: A funcionalidade de deslizar o dedo no ecrã foi difícil de executar.

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo Totalmente	<input type="radio"/>	Concordo Totalmente				

APÊNDICE A. QUESTIONÁRIOS DE UTILIZADORES

Q9: Percebi que para cada número de toques havia uma dança característica.

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo Totalmente	<input type="radio"/>	Concordo Totalmente				

Q10: Considero que a dança do avatar, ajudou-me a perceber que executei uma ação.

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo Totalmente	<input type="radio"/>	Concordo Totalmente				

Pós Estudo B Tutorial

Q1: Percebi que quando errava/acertava uma pergunta o avatar virtual realiza uma ação negativa/positiva, respetivamente, enquanto ouvia um som negativo/positivo, respetivamente.

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo Totalmente	<input type="radio"/>	Concordo Totalmente				

Q2: A funcionalidade de interagir com o microfone foi difícil de executar.

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo Totalmente	<input type="radio"/>	Concordo Totalmente				

Q3: Percebi que enquanto me movimenteie à volta da imagem, o avatar virtual rodava em torno da minha direção.

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo Totalmente	<input type="radio"/>	Concordo Totalmente				

Q4: O tutorial foi acessível de realizar.

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo Totalmente	<input type="radio"/>	Concordo Totalmente				

Modo Avatar

Q1: Sempre que havia interação com o avatar, ganhava pontos. Considero que foi acessível de percepção o ganho de pontos.

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo Totalmente	<input type="radio"/>	Concordo Totalmente				

Q2: Quando houve interação com o avatar, a música incomodou-me.

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo Totalmente	<input type="radio"/>	Concordo Totalmente				

Q3: O objeto virtual Meta:20 pontos foi-me útil para relembrar o objetivo referido no diálogo do tutorial.

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo Totalmente	<input type="radio"/>	Concordo Totalmente				

APÊNDICE A. QUESTIONÁRIOS DE UTILIZADORES

Q4: Sempre que realizava uma ação, reparei que o avatar virtual executava a dança alinhado na minha direção.

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo Totalmente	<input type="radio"/>	Concordo Totalmente				

Q5: O modo foi acessível de realizar.

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo Totalmente	<input type="radio"/>	Concordo Totalmente				

Pós Estudo C

Q1: Considero que a interação/comunicação presencial entre as pessoas e o avatar virtual foi positiva.

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo Totalmente	<input type="radio"/>	Concordo Totalmente				

Q2: Considero que sempre que uma ação era executada, a informação relativa a pessoa que realizou a ação e qual foi a ação foi perceptível no ecrã.

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo Totalmente	<input type="radio"/>	Concordo Totalmente				

Q3: Considero que foi perceptível sempre que uma ação era executada o avatar virtual rodava em direção à pessoa que ganhou a ação.

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo Totalmente	<input type="radio"/>	Concordo Totalmente				

Pós Estudo D

MiniJogo dos Objetos Escondidos

1. Q1: Considero que o mini jogo foi acessível de realizar.

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo Totalmente	<input type="radio"/>	Concordo Totalmente				

2. Q2: Considero que foi acessível de perceber que a imagem da avó também estava incluída para completar este mini jogo.

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo Totalmente	<input type="radio"/>	Concordo Totalmente				

3. Q3: Considero que a interação neste mini jogo entre as pessoas e o avatar virtual foi positiva.

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo Totalmente	<input type="radio"/>	Concordo Totalmente				

MiniJogo de Fantasminha

Q1: Considero que o mini jogo foi acessível de realizar.

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo Totalmente	<input type="radio"/>	Concordo Totalmente				

Q2: Percebi que quando acertava/errava uma pergunta, o som e as animações do avatar ajudavam na percepção de que acertei/errei, respetivamente.

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo Totalmente	<input type="radio"/>	Concordo Totalmente				

Q3: Considero que foi incomodo quando o meu microfone captou vozes das pessoas à minha volta.

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo Totalmente	<input type="radio"/>	Concordo Totalmente				

Q4: Considero que a interação neste mini jogo entre as pessoas e o avatar virtual foi positiva.

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo Totalmente	<input type="radio"/>	Concordo Totalmente				

MiniJogo de Descobrir a Palavra

Q1: Considero que o mini jogo foi acessível de realizar.

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo Totalmente	<input type="radio"/>	Concordo Totalmente				

Q2: Percebi que quando acertava/errava uma letra, o som e as animações do avatar ajudam nessa percepção.

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo Totalmente	<input type="radio"/>	Concordo Totalmente				

Q3: Considero que a interação neste mini jogo entre as pessoas e o avatar virtual foi positiva.

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo Totalmente	<input type="radio"/>	Concordo Totalmente				

Modo Surpresa - Perguntas Gerais

Q1: Considero que percebi que quando executava uma ação, ganhava pontos. E que esses pontos eram comuns com a pessoa ao meu lado.

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo Totalmente	<input type="radio"/>	Concordo Totalmente				

APÊNDICE A. QUESTIONÁRIOS DE UTILIZADORES

Q2: Considero que me incomodei quando alguém realizava uma ação comum. Como por exemplo, quando alguém estava num mini jogo se alguém clicasse para voltar atrás, iam todos. Ou quando alguém clicasse num mini jogo, iam todos.

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo Totalmente	<input type="radio"/>	Concordo Totalmente				

Q3: Considero que o sistema com e sem mini jogos prefiro qual?

Marcar apenas uma oval.

- Com mini jogos
 Sem mini jogos

Q4: Ordene do **melhor** para o **pior** os mini jogos. Escreva abaixo a sua resposta. 1- Objetos escondidos, 2 - Fantasminha, 3- Descobrir a palavra. Modelo de resposta: 1,2,3 *

Q5: Considero que este modo foi acessível de realizar.

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo Totalmente	<input type="radio"/>	Concordo Totalmente				

Pós Estudo: Questionário de usabilidade

	1 - Discordo Totalmente	2 - Discordo	3 - Neutro	4 - Concordo	5 - Concordo Totalmente
1. Considero que utilizaria este sistema frequentemente.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. Considero o sistema desnecessariamente complexo.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3. Considero que o sistema foi fácil de utilizar.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4. Considero que necessitaria de auxílio para ser capaz de utilizar o sistema.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5. Considero que as várias funções do sistema estão bem integradas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6. Considero que existe demasiada inconsistência no sistema.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7. Considero que a maioria das pessoas irão aprender a utilizar este sistema muito rapidamente.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
8. Achei o sistema muito desconfortável de utilizar.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
9. Senti-me muito confiante durante a utilização do sistema.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
10. Necessitaria de aprender muitas coisas antes de utilizar este sistema.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Pós Estudo: Outras questões de usabilidade

	1 - Discordo Totalmente	2 - Discordo	3 - Neutro	4 - Concordo	5 - Concordo Totalmente
Os objetivos de cada modo foram claros.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
O sistema ajustou-se corretamente ao dispositivo que utilizei.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Os aspetos visuais envolveram-me no sistema.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Os aspetos sonoros envolveram-me no sistema.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
O sistema respondeu rapidamente a diversas ações.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tive algumas dificuldades a interagir com o avatar virtual.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Os elementos visuais foram distrativos no decorrer do sistema.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Considero que a proporção dos elementos virtuais estavam percetíveis aquando a deteção da imagem física.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Os mini jogos do menu ajudaram a uma maior comunicação presencial.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Considero que era mais motivador ir a museu que oferece uma experiência de realidade aumentada.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

DOCUMENTO DO CONSENTIMENTO

CONSENTIMENTO INFORMADO, LIVRE E ESCLARECIDO PARA PARTICIPAÇÃO EM INVESTIGAÇÃO

Por favor, leia com atenção a seguinte informação. Se achar que algo está incorreto ou que não está claro, não hesite em solicitar informações. Se concorda com a proposta que lhe foi feita, aceite assinar este documento.

Título do estudo: Interfaces para Interação em Realidade Aumentada Colaborativas

Âmbito: Tese de Mestrado Integrado em Engenharia Informática, a realizar na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade NOVA de Lisboa, sob orientação do Professor Rui Nóbrega (Professor Auxiliar do Departamento de Informática da Universidade NOVA de Lisboa) e sob coorientação da Professora Carmen Pires Morgado (Professora Auxiliar do Departamento de Informática da Universidade NOVA de Lisboa).

O estudo foca o uso de Realidade Aumentada em dispositivos móveis para analisar as diversas formas de interagir em grupo com um avatar virtual.

Este estudo apresenta duas partes nomeadamente:

- uma experiência individual
- uma experiência colaborativa

Em ambas partes serão fornecidos materiais para a visualização do conteúdo em realidade aumentada, mais propriamente, dispositivos móveis. Caso seja possível, o APK é disponibilizado, e o próprio pode realizar o estudo no seu telemóvel.

Durante e após cada parte da investigação serão aplicados alguns inquéritos, de forma a concluir a perceção do participante quanto à visualização do conteúdo em Realidade Aumentada e das interações realizadas quer com o avatar virtual quer com as pessoas à sua volta. É pedido que leia atentamente toda a informação apresentada no dispositivo móvel.

Duração máxima prevista: 50 minutos

Ao participar neste estudo, é-lhe garantida total confidencialidade e anonimato. Os dados serão recolhidos e guardados de forma anónima com uso exclusivo para a presente investigação e não será possível ligar os resultados com a pessoa que os realizou. Pode em qualquer momento desistir de participar neste estudo sem qualquer tipo de consequência.

Concorda? Sim ou Não

