

MESTRADO

MULTIMÉDIA - ESPECIALIZAÇÃO EM TECNOLOGIAS INTERATIVAS E JOGOS DIGITAIS

Flo[RA]: Uma aplicação móvel para comunicar ciência através do lúdico e da realidade aumentada

David Soares

M

2021

FACULDADES PARTICIPANTES:

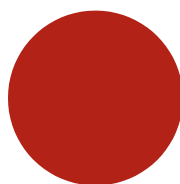
FACULDADE DE ENGENHARIA

FACULDADE DE BELAS ARTES

FACULDADE DE CIÊNCIAS

FACULDADE DE ECONOMIA

FACULDADE DE LETRAS



Flo[RA]: Uma aplicação móvel para comunicar ciência através do lúdico e da realidade aumentada

David Jorge Lourenço Soares

Mestrado em Multimédia da Universidade do Porto

Orientador: Pedro Cardoso (Professor Auxiliar)

Coorientador: António Coelho (Professor Associado com Agregação)

Coorientadora: Maria Van Zeller (Investigadora do Plano Doutoral em Media Digitais)

Junho 2021

© David Soares, 2021

Flo[RA]: Uma aplicação móvel para comunicar ciência através do lúdico e da realidade aumentada

David Jorge Lourenço Soares

Mestrado em Multimédia da Universidade do Porto

Aprovado em provas públicas pelo Júri:

Presidente: António Augusto de Sousa (Professor Associado)

Vogal Externo: Mário Vairinhos (Professor Auxiliar)

Orientador: Pedro Cardoso (Professor Auxiliar)

Resumo

A comunicação de ciência surge com o objetivo de criar pontes entre a comunidade científica e a sociedade em geral. De forma a tornar o museu e o conhecimento científico apelativo e acessível a novos públicos, os espaços museológicos têm tido necessidade de promover o diálogo e interação com os seus visitantes por meio de experiências com tecnologias emergentes.

Esta dissertação tem como propósito entender como a experiência lúdica recorrendo a tecnologias de realidade aumentada pode assistir na comunicação da ciência aos visitantes de espaços museológicos. Para o efeito, concebemos e desenvolvemos uma aplicação móvel que assiste o utilizador na visita a uma exposição de botânica na Galeria da Biodiversidade (Polo do Museu de História Natural e da Ciência da Universidade do Porto) e se expande para o Jardim Botânico do Porto. A metodologia para este estudo adota o método de estudo de caso, utilizando uma abordagem mista – quantitativa e qualitativa. Para a recolha de dados recorremos a: análise de peritos em design de interação, que serviram de base para melhorar a primeira versão do protótipo; testes de usabilidade com observação direta e entrevistas semiestruturadas a visitantes; e entrevistas semiestruturadas com os colaboradores do museu. Os dados da observação direta foram alvo de uma análise estatística e os das entrevistas semiestruturadas de uma análise de conteúdo.

Os principais resultados indicam que a componente lúdica da aplicação fomentou o interesse nos visitantes usando o desafio e o círculo mágico, motivando-os a realizar os desafios propostos. Indicaram também que a realidade aumentada facilitou a consulta de informação, exibindo-a no seu contexto. As duas componentes, agindo em consonância, criaram também uma ligação e um sentimento de pertença entre o visitante e o objeto científico ao possibilitar a sua utilização num ambiente criativo. Conclui-se que o uso do lúdico em conjunto com sistemas de realidade aumentada têm o potencial para criar um envolvimento dos visitantes com a exposição na Galeria da Biodiversidade que pode reforçar e reformular a comunicação dos conteúdos científicos.

Palavras-Chave: Comunicação de Ciência, Jardim Botânico, Jogo, Museu, Realidade Aumentada.

Abstract

Science communication emerges with the aim of creating bridges between the scientific community and society in general. In order to make the museum and the scientific knowledge that it includes appealing and accessible to new audiences, museum spaces have had the need to promote dialogue and interaction with their visitors through experiences with emerging technologies.

This dissertation aims to understand how ludic experiences that resort to augmented reality technologies are able to assist in the communication of science to the visitors of museums. For this purpose, we designed and developed a mobile application that assists users in their visit to a botany exhibition at the Hall of Biodiversity (Pole of the Natural History and Science Museum of the University of Porto) and expands to the Porto's Botanical Garden. This study methodology adopts the case study method, using a mixed approach – quantitative and qualitative. For data collection we used: expert analysis of interaction design, which served as the basis for improving the first version of the prototype; usability testing with direct observation and semi-structured interviews with visitors; and semi-structured interviews with the museum staff. Data from direct observation was statistically analysed and data from semi-structured interviews were subjected to content analysis.

The main results indicated that the playful component of the application fostered interest in visitors using the challenge and the magic circle, motivating them to perform the proposed challenges. They also indicated that augmented reality facilitated the consultation of information, displaying it in context. The two components, acting in consonance, also created a connection and a sense of belonging between the visitor and the scientific object by enabling its use in a creative environment. It is concluded that the use of playfulness in conjunction with augmented reality systems has the potential to create visitor engagement with this Hall of Biodiversity's exhibition, which can strengthen and reshape the communication of scientific content.

Keywords: Science Communication, Botanical Gardens, Game, Museum, Augmented Reality.

Agradecimentos

Um grande obrigado ao professor Pedro Cardoso, pela sua enorme ajuda e incansável paciência nesta longa viagem. Sem o seu apoio e orientação, esta dissertação não seria a mesma. Levarei para a vida os seus preciosos ensinamentos.

Obrigado à Maria Van Zeller por me dar a conhecer a temática, pelo apoio em cada momento do caminho, pela sua boa disposição e amizade.

Agradeço também ao professor António Coelho, ao meu colega neste projeto Diogo Teixeira, à professora Andreia de Sousa pelos conselhos, aos meus amigos Catarina Ferreira e André Ramadas por manterem a minha sanidade intacta e aos profissionais do Museu pela simpatia e colaboração.

Finalmente, agradeço à minha família e à minha namorada pela motivação, apoio e conforto em tempos difíceis.

Índice

Introdução	18
Enquadramento e Motivação	18
Contribuição e Objetivos	19
Metodologia de Investigação	20
Estrutura do Documento	22
1. Estado da Arte.....	23
1.1 Comunicação da Ciência	23
1.1.1 Definição, Público e Abordagem.....	24
1.1.2 Espaços de Divulgação de Ciência	26
1.2 Ludificação	28
1.2.1 Jogos Pervasivos.....	28
1.2.2 Categorias de Jogadores de Bartle	29
1.2.3 Framework Octalysis.....	31
1.2.4 Teoria do Fluxo.....	39
1.3 Realidade Aumentada Móvel.....	41
1.3.1 Definição	41
1.3.2 Visão Histórica	42
1.3.3 Aplicações de Realidade Aumentada Móvel no Contexto Criativo e Lúdico	47
1.3.4 Desafios da Realidade Aumentada	49
1.4 Trabalho Relacionado	53
1.4.1 Weird Cuts.....	53
1.4.2 BEACONING.....	54
1.4.3 Play the Museum	57
1.4.4 Mangueira Desejo.....	58
1.4.5 Play JBT: Aplicação Móvel do Jardim Botânico Tropical de Lisboa.....	59
2. Requisitos e Design.....	60
2.1 Análise do Problema e Requisitos de Design	60
2.2 Cenários de Interação de Utilizador.....	62
2.3 Funcionalidades	64
2.4 Arquitetura da Informação e Navegação	67
2.5 Interface: Estudos Preliminares de Baixa Fidelidade	72
2.5.1 Ecrã de Boas-Vindas.....	72
2.5.2 Ecrã Fora dos Espaços e Barra de Navegação	73
2.5.3 Ecrã do Jardim da Diversão	74
2.5.4 Ecrã do Herbário e Sobre.....	74
2.5.5 Ecrã do Ambiente Criativo	76

2.5.6	Ecrã do Desafio na Galeria da Biodiversidade	76
2.5.7	Ecrã do Desafio no Jardim Botânico do Porto.....	78
2.6	Interface: Estudos de Alta Fidelidade	79
2.6.1	Elementos Gráficos.....	79
2.6.2	Ecrã de Boas-Vindas.....	81
2.6.3	Ecrã do Herbário e Sobre.....	81
2.6.4	Ecrã do Ambiente Criativo	82
2.6.5	Ecrã do Desafio na Galeria da Biodiversidade	83
2.6.6	Ecrã do Desafio no Jardim Botânico do Porto.....	84
3.	Implementação	85
3.1	Tecnologias, Ferramentas e seus Requisitos.....	85
3.2.1	Unity	85
3.2.2	ARCore	86
3.2.3	Vuforia.....	87
3.2.4	Figma	88
3.2.5	Requisitos das Tecnologias e Ferramentas selecionadas	89
3.3	Arquitetura do Sistema: UI e RA.....	90
3.4	Protótipo Funcional: Interface de utilizador	92
3.4.1	Barra de Navegação.....	92
3.4.2	Ecrã do Desafio da Galeria da Biodiversidade	93
3.4.3	Ecrã do Desafio do Jardim Botânico do Porto.....	94
3.4.4	Ecrã do Herbário e Sobre.....	96
3.5	Protótipo Funcional: Experiência Lúdica	99
3.5.1	Desafio na Galeria da Biodiversidade	99
3.5.2	Desafio no Jardim da Biodiversidade	102
4.	Análise.....	108
4.2	Métodos e Procedimentos Gerais.....	108
4.3	Testes com Peritos em Design de Interface de Utilizador	110
4.3.1	Objetivos.....	110
4.3.2	Participantes.....	110
4.3.3	Procedimento	110
4.3.4	Resultados: Heurísticas Lúdicas	111
4.3.5	Resultados: Heurísticas de Usabilidade.....	122
4.4	Testes com Utilizadores A: Visitantes	130
4.4.1	Objetivos.....	130
4.4.2	Procedimentos.....	130
4.4.3	Caracterização da Amostra dos Participantes	131
4.4.4	Resultados: Envolvimento Geral com o Objeto Científico.....	134
4.4.5	Resultados: Impacto da Componente Lúdica	139
4.4.6	Resultados: Impacto da Componente de Realidade Aumentada	143

4.4.7 Resultados: Uso da Aplicação	147
4.5 Testes com Utilizadores B: Profissionais do Museu.....	151
4.5.1 Objetivos.....	151
4.4.2 Procedimentos.....	151
4.5.3 Resultados: Envolvimento Geral com o Objeto Científico.....	152
4.5.4 Resultados: Impacto da Componente Lúdica	155
4.5.5 Resultados: Impacto da Componente da Realidade Aumentada	157
5. Conclusões	159
5.1 Discussão	159
5.2 Desafios e Limitações do estudo.....	163
5.3 Trabalho Futuro	164
Referências.....	165
Anexo A - Protocolo	170
Anexo B - Modelo de Fichas de Observação.....	172
Anexo C - Modelo de Entrevistas Semiestruturadas	175
Anexo D - Dados da Observação	177
Anexo E - Transcrição Entrevistas Semiestruturadas.....	181
Anexo F - Dados dos Peritos de Interação	197
Anexo G - Estatística Pordata.....	206
Anexo H – Consentimento de Gravação	208

Lista de Figuras

Figura 0.1: Diagrama da metodologia <i>design based research</i> onde é feito o refinamento dos problemas, soluções e métodos (Coutinho & Chaves, 2001).....	21
Figura 1.1: Tabela comparativa entre 2010, 2015 e 2019 do número de museus e visitantes em Portugal.....	27
Figura 1.2: Modelo de tipos de jogador de Bartle (2005).....	30
Figura 1.3: Octógono adaptado de Chou (2019) representando cada uma das motivações centrais.....	31
Figura 1.4: Significado Épico Chou (2019).....	32
Figura 1.5: Desenvolvimento e Conquista Chou (2019).....	33
Figura 1.6: Empoderamento da Criatividade e Feedback Chou (2019).....	34
Figura 1.7: Apropriação e Capacitação Chou (2019).....	35
Figura 1.8: Influência Social e Afinidade Chou (2019).....	36
Figura 1.9: Escassez e Impaciência Chou (2019).....	37
Figura 1.10: Imprevisibilidade e Curiosidade Chou (2019).....	38
Figura 1.11: Perda e evitação Chou (2019).....	39
Figura 1.12: Diagrama do <i>estado de fluxo</i> , obtido quando há equilíbrio entre o nível do desafio de uma tarefa e as competências e confiança de quem a cumpre Csikszentmihalyi (2008)....	40
Figura 1.13: Representação do <i>virtuality continuum</i> (Milgram & Kishino, 1994).....	42
Figura 1.14: <i>The Sword of Damocles</i>	43
Figura 1.15: Screenshot do jogo <i>The Eye of the Judgement</i> (2007) de um artigo da Wired ...	45
Figura 1.16: Gráfico adaptado do <i>Google Trends</i> para o termo Realidade Aumentada e Augmented Reality.....	46
Figura 1.17: Campo de visão presente no capacete de realidade aumentada <i>HoloLens</i> (2015).....	50
Figura 1.18: Demonstração do uso de objetos tangíveis para mostrar interfaces em realidade aumentada, com e sem oclusão do dedo (Park et al., 2014).....	51
Figura 1.19: Captura de ecrã da aplicação <i>Weird Cuts</i> , retirada da <i>Play Store</i>	53

Figura 1.20: Interface de edição do educador para a ferramenta para atividades baseadas em localização.....	55
Figura 1.21: Visualização do Mapa em <i>Designing of a mobile app for the development of pervasive games</i> (Coelho et al., 2019) <i>pp for the development of pervasive games</i> (Coelho et al., 2019)	56
Figura 1.22: Estudos para uma das atividades no interior da Galeria da Biodiversidade (van Zeller et al., 2020) a Galeria da Biodiversidade (van Zeller et al., 2020).....	57
Figura 1.23: Demonstração do uso da aplicação (É criada uma folha, colocado o desejo e adicionado à nuvem e depois consultada) colocado o desejo e adicionado à nuvem e depois consultada)	58
Figura 1.24: Marcador presente na árvore Mangueira	58
Figura 2.1: Exposição de botânica intitulada de <i>Diversidade das Cores</i> na Galeria da Biodiversidade	64
Figura 2.2: Vitrine presente na exposição de botânica intitulada de <i>Diversidade das Cores</i> na Galeria da Biodiversidade.....	65
Figura 2.3: Arquitetura da informação da aplicação móvel Flo[RA]	67
Figura 2.4: Arquitetura da navegação das Permissões ao ecrã de Boas-Vindas	68
Figura 2.5: Arquitetura da navegação da Barra de Navegação	69
Figura 2.6: Arquitetura da navegação do primeiro desafio na Galeria da Biodiversidade	70
Figura 2.7: Arquitetura da navegação do segundo desafio no Jardim Botânico do Porto	71
Figura 2.8: Arquitetura da navegação do ecrã do herbário	71
Figura 2.9: <i>Wireframe</i> dos ecrãs de boas-vindas da aplicação	72
Figura 2.10: <i>Wireframe</i> do ecrã apresentado quando o utilizador não estaria presente nos espaços pretendidos	73
Figura 2.11: <i>Wireframe</i> do jardim da diversão	74
Figura 2.12: <i>Wireframe</i> do ecrã do Herbário e Sobre	75
Figura 2.13: <i>Wireframe</i> do ambiente criativo de realidade aumentada	76
Figura 2.14: <i>Wireframe</i> do ecrã de boas-vindas à Galeria da Biodiversidade e o primeiro desafio	77
Figura 2.15: <i>Wireframe</i> do ecrã de boas-vindas ao Jardim Botânico do Porto e segundo desafio.	78

Figura 2.16: Elementos gráficos do protótipo de alta-fidelidade.....	79
Figura 2.17: Apresentação da fonte tipográfica modificada (à esquerda) e fonte criada (à direita)	80
Figura 2.18: Protótipo de alta-fidelidade do ecrã de boas-vindas da aplicação.....	81
Figura 2.19: Protótipo de alta-fidelidade ecrã do Herbário e Sobre	82
Figura 2.20: Versão do estudo de alta-fidelidade do ambiente criativo de realidade aumentada	82
Figura 2.21: Protótipo de alta-fidelidade do ecrã de boas-vindas à Galeria da Biodiversidade e o primeiro desafio	83
Figura 2.22: Protótipo de alta-fidelidade do ecrã de boas-vindas ao Jardim Botânico do Porto e segundo desafio.....	84
Figura 3.1: Diagrama da arquitetura e relação entre os kits <i>Vuforia</i> e <i>ARCore</i>	90
Figura 3.2: Representação das <i>features</i> da imagem que ajudam no reconhecimento das folhas	91
Figura 3.3: Demonstração do uso do <i>ARCore</i> no ambiente criativo da aplicação móvel	91
Figura 3.4: Barra de navegação do protótipo funcional.....	92
Figura 3.5: Ecrã de boas-vindas e desafio na exposição de botânica da Galeria da Biodiversidade	93
Figura 3.6: Ecrã de boas-vindas e desafio no Jardim Botânico do Porto.....	95
Figura 3.7: Mapa desenhado do Jardim Botânico do Porto para o desafio exterior	96
Figura 3.8: Ecrã do Herbário (à esquerda) e ecrã Sobre (à direita).....	97
Figura 3.9: Interface do ambiente criativo de realidade aumentada.	98
Figura 3.10: Seleção da dificuldade no primeiro desafio.....	100
Figura 3.11: Imagem apresentada como dica para cada uma das dificuldades.....	100
Figura 3.12: Informação apresentada no fim do primeiro desafio em relação à pontuação ..	101
Figura 3.13: Contador presente no primeiro desafio.....	101
Figura 3.14: Ecrã apresentado no fim do primeiro desafio, antes de jogar de novo (à esquerda) e depois de jogar de novo (à direita)	102
Figura 3.15: Alerta textual apresentado no segundo desafio	103
Figura 3.16: Painel modal que é apresentado depois de estar muito próximo de uma das árvores	104

Figura 3.17: Transição do mapa para mostrar o ícone da árvore mais próxima para o meio (à direita).....	104
Figura 3.18: Ícone da árvore depois de ter encontrado a árvore correspondente.....	105
Figura 3.19: Ecrã do desafio do herbário com todas as árvores encontradas	105
Figura 3.20: Ecrã do <i>Herbário</i> – antes de desbloquear uma folha (à esquerda), todas as folhas desbloqueadas (ao centro) e todas as árvores desbloqueadas (à direita).	106
Figura 3.21: Exemplo de painel modal da informação sobre as árvores	107
Figura 4.1: Diagrama do procedimento geral aos visitantes e profissionais do museu.	109
Figura 4.2: Gráficos das respostas às questões da heurística lúdica – Jogabilidade duradoura	112
Figura 4.3: Gráficos das respostas às questões da heurística lúdica – Estratégia, Desafio e Ritmo	113
Figura 4.4: Gráficos das respostas às questões da heurística lúdica – Consistência no Mundo	114
Figura 4.5: Gráficos das respostas às questões da heurística lúdica – Objetivos.....	115
Figura 4.6: Gráficos das respostas às questões da heurística lúdica – Variedade de Jogo e Estilos de Jogo	116
Figura 4.7: Gráficos das respostas às questões da heurística lúdica – Perceção de controlo do jogador	117
Figura 4.8: Gráficos das respostas às questões da heurística lúdica – Entretenimento	118
Figura 4.9: Gráficos das respostas às questões da heurística lúdica – Imersão	118
Figura 4.10: Gráficos das respostas às questões da heurística lúdica – Documentação/Tutorial	119
Figura 4.11: Gráficos das respostas às questões da heurística lúdica – Estado e Pontuação.	120
Figura 4.12: Gráficos das respostas às questões da heurística lúdica – <i>Feedback</i>	120
Figura 4.13: Gráficos das respostas às questões da heurística lúdica – <i>Layout do ecrã</i>	121
Figura 4.14: Gráfico gerado pelo <i>Google Forms</i> da heurística a visibilidade do estado do sistema.....	122
Figura 4.15: Gráfico gerado pelo <i>Google Forms</i> da heurística <i>combinação entre o sistema e o mundo real</i>	123
Figura 4.16: Ícones da resistência ao calor e resistência ao frio	123

Figura 4.17: Gráfico gerado pelo <i>Google Forms</i> da heurística controlo e liberdade do utilizador	124
Figura 4.18: Gráfico gerado pelo <i>Google Forms</i> da heurística, consistência e normas.....	124
Figura 4.19: Diferença dos ícones que representam a Galeria da Biodiversidade e o Jardim Botânico do Porto	125
Figura 4.20: Gráfico gerado pelo <i>Google Forms</i> da heurística prevenção de erros	125
Figura 4.21: Gráfico gerado pelo <i>Google Forms</i> da heurística reconhecimento em vez de recordar	126
Figura 4.22: Gráfico gerado pelo <i>Google Forms</i> da heurística flexibilidade e eficiência de utilização.	127
Figura 4.23: Gráfico gerado pelo <i>Google Forms</i> da heurística design estético e minimalista.	127
Figura 4.24: Gráfico gerado pelo <i>Google Forms</i> da heurística ajudar os utilizadores a reconhecer, diagnosticar e recuperar de erros.....	128
Figura 4.25: Gráfico gerado pelo <i>Google Forms</i> da heurística ajuda e documentação	129
Figura 4.26: Gráfico da contagem de idades dos utilizadores (visitantes).....	131
Figura 4.27: Gráfico do tipo de educação dos participantes estudantes	132
Figura 4.28: Gráfico da participação em grupo ou individual do participante	132
Figura 4.29: Gráfico da experiência dos utilizadores (visitantes) com aplicações móveis com realidade	133
Figura 4.30: Gráfico da experiência dos utilizadores (visitantes) com o conteúdo científico	133
Figura 4.31: Gráfico da experiência dos utilizadores (visitantes) com o espaço	134
Figura 4.32: Gráfico do sucesso de realização das atividades propostas na aplicação móvel	135
Figura 4.33: Gráfico da preferência positiva dos utilizadores (visitantes) quanto às partes da aplicação móvel	136
Figura 4.34: Gráfico da parte que os utilizadores (visitantes) gostaram menos	136
Figura 4.35: Gráfico das categorias de jogadores Bartle que os utilizadores (visitantes) se identificaram.	142

Lista de Tabelas

Tabela 4.1: Dados relativos ao envolvimento geral com o objeto científico.....	134
Tabela 4.2: Resultados da ficha de observação relevantes ao impacto da realidade aumentada no envolvimento com o objeto científico.....	140
Tabela 4.3: Resultados da ficha de observação relevantes ao impacto da realidade aumentada no envolvimento com o objeto científico.....	144
Tabela 4.4: Resultados da ficha de observação relevantes à usabilidade da aplicação.....	148

Introdução

Enquadramento e Motivação

Numa altura em que a oferta de conteúdo é maior que o tempo que temos para o consumir, é necessário encontrar soluções e estratégias que capturem a atenção e motivem os utilizadores. Estas estratégias são particularmente importantes para os espaços museológicos, comunicadores de ciência, que necessitam cada vez mais de se inovar e criar mais interação e interesse nos seus espaços e tornarem-se apelativos a novos públicos.

A comunicação de ciência surge com o objetivo de criar pontes entre a sociedade e a comunidade científica, simplificando o conhecimento e criando um sentido de maravilha sobre as descobertas e argumentos científicos. Essas pontes são importantes de forma a mitigar o ceticismo em relação à ciência, que se tornam preocupante, por exemplo, em assuntos como o aquecimento global ou uma pandemia como COVID-19.

O projeto *Play the Museum* (van Zeller et al., 2020) focado em trazer vida e interação aos espaços museológicos, nomeadamente a Galeria da Biodiversidade da Universidade do Porto propõe a criação de uma aplicação móvel para este espaço e dá linhas orientadoras para o seu desenvolvimento. A aplicação móvel usaria os jogos e novas tecnologias como a realidade aumentada. Este projeto, alinhando-se com as preocupações previamente referidas, serviu como base para esta dissertação, usando as suas linhas orientadoras para conceber e desenvolver uma aplicação móvel que providencia uma experiência lúdica recorrendo a tecnologias de realidade aumentada. O protótipo funcional desta aplicação pretende assistir na

comunicação da ciência dos visitantes numa exposição de botânica na Galeria da Biodiversidade, que se expande para o Jardim Botânico do Porto.

O desenvolvimento passou por uma fase anterior de análise de problema e foram formuladas soluções com base no quadro teórico. Foram implementadas e tidas em conta, estratégias de ludificação de forma a criar motivação e envolvimento como as categorias de jogadores de Bartle (2005), *framework* Octalysis de Chou (2019) e por fim, a teoria do fluxo de Csikszentmihalyi (2008). É também tido em conta o conceito de jogos pervasivos que usa a computação ubíqua de forma a criar uma interação com a tecnologia digital de modo natural, e o círculo mágico de Huizinga (1949). Essas estratégias foram aplicadas em conjunto com a tecnologia da realidade aumentada móvel devido ao seu potencial envolvente e pervasivo com o espaço físico, em contraste, por exemplo, com a realidade virtual.

O protótipo funcional da aplicação foi desenvolvido em conjunto com um colega do Mestrado Integrado em Engenharia Informática e Computação, desenvolvendo a maioria da programação na aplicação móvel.

Contribuição e Objetivos

Perante a necessidade de promover o diálogo e interação nos espaços museológicos a novos públicos e entender novas formas de comunicar ciência com o uso do lúdico e da realidade aumentada, a questão de investigação desta investigação a que se pretende obter resposta é a seguinte:

Como podemos usar uma experiência lúdica recorrendo a tecnologias de realidade aumentada de forma a assistir na comunicação de ciência aos visitantes de espaços museológicos?

Para responder a esta questão foi implementada uma aplicação móvel que assiste o utilizador na visita a uma exposição de botânica na Galeria da Biodiversidade (Polo do Museu de História Natural e da Ciência da Universidade do Porto) e se expande para o Jardim Botânico do Porto.

Tendo isto em conta, os objetivos que se pretendem atingir são os seguintes:

1. Entender como a experiência lúdica, recorrendo a tecnologias de realidade aumentada, pode assistir na comunicação da ciência aos visitantes na Galeria da Biodiversidade.
2. Desenvolver um protótipo funcional com recurso a tecnologias de realidade aumentada na Galeria da Biodiversidade.
3. Avaliar o protótipo funcional com utilizadores e peritos em contexto real, na sua componente lúdica e de interface.

Pretende-se contribuir com um melhor entendimento de como estas novas formas de comunicação da ciência podem assistir as visitas dos visitantes de espaços museológicos e com a avaliação do protótipo funcional entender a usabilidade destas aplicações móveis.

Metodologia de Investigação

O protótipo desenvolvido nesta dissertação baseia-se nas linhas orientadoras do projeto *Play the museum: um projeto sobre jogos em ambientes de aprendizagem informal na galeria da biodiversidade* (van Zeller et al., 2020), implementando um novo design mais focado no objetivo proposto e na revisão de literatura.

A metodologia desta dissertação foi baseada em *Design-based Research* (DBR) devido à sua flexibilidade. Esta teve início no século XXI e foi proclamada como uma metodologia de investigação prática que pode servir de ponte entre a investigação, a prática e a educação formal (Anderson & Shattuck, 2012). Esta metodologia permitiu que o design, a investigação e a prática fossem simultaneamente aplicados através de várias iterações da aplicação móvel. Na Figura 0.1, verificam-se algumas fases desta metodologia.

Na fase dos Requisitos, é feita a *análise de problemas práticos*, onde é identificado um problema prático e é feita uma revisão de literatura e tecnológica de forma a se encontrarem soluções viáveis para a complexidade do problema em análise. Na fase do Design, é feito o desenvolvimento de soluções no *quadro de um referencial teórico*, onde se identifica o objetivo da investigação e o método de desenvolvimento de um protótipo que serve para abordar o

problema. Na fase da Implementação, é feita a *avaliação e testagem de soluções no terreno*, esta possui ciclos interativos onde problemas com o protótipo são reconhecidos e desenvolvidos novos planos de ação até todos os problemas terem sido resolvidos. Por fim, na fase da Análise é feita a *documentação e reflexão que possam conduzir a investigação futura* (Coutinho & Chaves, 2001).

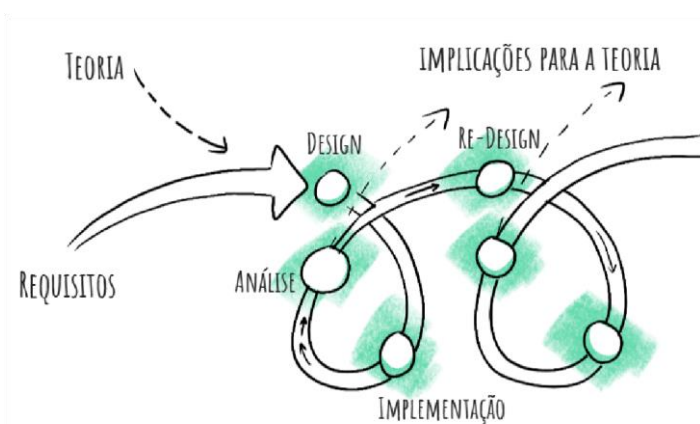


Figura 0.1: Diagrama da metodologia *design based research* onde é feito o *refinamento dos problemas, soluções e métodos* (Coutinho & Chaves, 2001).

Tendo em conta esta metodologia, adotamos o método de estudo de caso, utilizando uma abordagem mista – quantitativa e qualitativa. Para a recolha de dados recorreremos a três fases. Na primeira fase foi realizada uma análise inicial do protótipo funcional com peritos em design de interação tendo como base um modelo de heurísticas lúdicas baseado em (Desurvire & Wiberg, 2009) e um modelo de heurísticas gerais de Nielsen (1994), cujos resultados serviram para melhorar a primeira versão do protótipo funcional. Na segunda fase, foram realizados testes com utilizadores em contexto real, com observação direta e entrevistas semiestruturadas a utilizadores visitantes de diferentes idades e tipologias de jogador. Na terceira fase, foram realizados testes com colaboradores do museu em contexto real com recurso a entrevistas semiestruturadas de forma a entender o potencial impacto da aplicação no espaço onde trabalham. Os dados da observação direta foram alvo de uma análise estatística e os das entrevistas semiestruturadas de uma análise de conteúdo.

Estrutura do Documento

Esta dissertação está dividida em cinco capítulos:

1. **Estado de Arte** – Neste primeiro capítulo são apresentados os conceitos de comunicação da ciência, a ludificação e a realidade aumentada móvel bem como o levantamento de algumas aplicações móveis e projetos relevantes.
2. **Requisitos e Design** – No segundo capítulo é feita a análise do problema e são ponderados os requisitos do design, a experiência de utilizador, funcionalidades, arquitetura de informação e navegação e estudos de interface de baixa e alta-fidelidade.
3. **Implementação** – O terceiro capítulo apresenta as tecnologias escolhidas e seus requisitos, a arquitetura do sistema, e por fim a interface e experiência lúdica implementada no protótipo funcional.
4. **Análise** – No quarto capítulo é realizada a avaliação da testagem aos peritos em design de interação e utilizadores A (visitantes) e B (profissionais do museu).
5. **Conclusões** – No quinto capítulo é realizada uma discussão dos resultados obtidos e a sua relação com a revisão de literatura, objetivos e questão de investigação e apresentadas as conclusões finais elaboradas neste estudo, os desafios encontrados e sugere trabalho futuro.

1. Estado da Arte

Neste capítulo são apresentados três conceitos. O primeiro, é o da comunicação da ciência, descrevendo a sua definição, o seu público, a sua abordagem e os espaços destinados à divulgação de ciência. O segundo conceito é a ludificação, descrevendo primeiramente os jogos pervasivos e de seguida conceitos relacionados a estratégias de ludificação para criar motivação e envolvimento como as tipologias de jogadores de Bartle (2005), estrutura Octalysis de Chou (2019) e por fim, a teoria do fluxo de Csikszentmihalyi (2008). O terceiro é o conceito da realidade aumentada móvel, descrevendo a sua definição, visão histórica, aplicações criativas, lúdicas e os desafios que a tecnologia enfrenta.

O levantamento destes conceitos insere-se na fase dos requisitos da metodologia design based research (Figura 0.1). Tendo em conta o problema da necessidade de promover o diálogo e interação nos espaços museológicos e novos desafios em comunicar ciência ao usar tecnologias emergentes como a realidade aumentada, é feita uma revisão de literatura sobre estes três conceitos integrantes. Este irá dar um quadro de referencial teórico de modo a serem desenvolvidas soluções aos mesmos.

1.1 Comunicação da Ciência

Desde o aquecimento global, à inteligência artificial e à biomedicina, a ciência e a tecnologia desempenham esse papel importante na vida das pessoas a um nível cada vez maior (Dijkstra et al., 2020), tendo implicações na indústria, na vida social e política. Assim sendo, todos deveriam ter um entendimento da ciência, das suas realizações e limitações (Royal Society (Great Britain). Council, 1985). É aqui que reside o papel daquilo a que hoje se chama *comunicação de ciência*.

1.1.1 Definição, Público e Abordagem

De acordo com Dijkstra et al, a comunicação de ciência pode ser definida da seguinte forma:

A comunicação científica descreve as muitas formas em que o processo, os resultados e as implicações das ciências — amplamente definidas — podem ser partilhadas ou discutidas com o público. A comunicação científica envolve a interação, com o objetivo de interpretar desenvolvimentos científicos ou técnicos, discutir questões com uma dimensão científica ou técnica.¹ (2020, p. 3)

Burns define a comunicação de ciência como:

A utilização de competências apropriadas, mídia, atividades e diálogo para produzir uma ou mais das seguintes respostas pessoais à ciência: Consciencialização, incluindo a familiaridade com novos aspetos da ciência; Apreciação ou outras respostas afetivas, por exemplo, apreciação da ciência como entretenimento ou arte; Interesse, como demonstrado pelo envolvimento voluntário com a ciência ou a sua comunicação; Opiniões, a formulação, a reformulação ou a confirmação de atitudes relacionadas com a ciência; Compreensão da ciência, o seu conteúdo, processos e fatores sociais² (2013, p. 191)

Dijkstra et al refere que os objetivos da comunicação de ciência são vários, desde aumentar a consciencialização, apreço pela ciência e pela tecnologia, partilha de resultados, aumentar o conhecimento e compreensão do público leigo. Porém, podemos dizer que o principal objetivo

¹ Tradução do Autor (T.A.): “Science communication describes the many ways in which the process, outcomes, and implications of the sciences — broadly defined — can be shared or discussed with audiences. Science communication involves interaction, with the goal of interpreting scientific or technical developments or discussing issues with a scientific or technical dimension.”.

² (T.A.): “SCIENCE COMMUNICATION (SciCom) may be defined as the use of appropriate skills, media, activities, and dialogue to produce one or more of the following personal responses to science (the vowel analogy) Awareness, including familiarity with new aspects of science Enjoyment or other affective responses, e.g. appreciating science as entertainment or art Interest, as evidenced by voluntary involvement with science or its communication Opinions, the forming, reforming, or confirming of science-related attitudes Understanding of science, its content, processes, and social factors”.

da comunicação da ciência é essencialmente criar pontes entre o conhecimento científico e o público em geral.

Para Burns (2003), a comunicação de ciência tem aspetos culturais intangíveis, é um processo contínuo e não uma atividade pontual e linear. Para que a comunicação da ciência seja eficaz, deve ter sempre objetivos pré-determinados e apropriados.

De modo a saber como melhor efetuar esta comunicação terá que se de entender melhor o seu público. Podemos dividi-lo em pelo menos seis grupos, cada um com as suas “necessidades, interesses, atitudes e níveis de conhecimento” (Burns et al., 2003, p.184).

- Cientistas: na indústria, na comunidade académica e no governo.
- Mediadores: comunicadores (incluindo comunicadores científicos, jornalistas e outros membros dos meios de comunicação social), educadores, e formadores de opinião.
- Decisores: decisores políticos no governo, e instituições científicas e académicas.
- Público em geral: os três grupos acima mencionados, mais outros sectores e grupos de interesse.
- Público atento: a parte da comunidade geral já interessada (e razoavelmente bem informada) na ciência e nas atividades científicas.
- Público interessado: é composto por pessoas interessadas, mas não necessariamente bem informadas sobre ciência e tecnologia.³ (Burns et al., 2003, p. 184)

³ (T.A.) “

- Scientists: in industry, the academic community and government.
- Mediators: communicators (including science communicators, journalists and other members of the media), educators, and opinion-makers.
- Decision-makers: policy makers in government, and scientific and learned institutions.
- General public: the three groups above, plus other sectors and interest groups. For example, school children and charity workers.
- Attentive public: the part of the general community already interested in (and reasonably well-informed about) science and scientific activities.”
- Interested public: is composed of people who are interested in but not necessarily well informed about science and technology.” (Burns et al., 2003, p. 184).

Para além destes seis grupos, alguns termos para se referirem ao público também são usados como o *público leigo*, que não tem conhecimentos num determinado assunto ou área e a *comunidade científica ou praticantes de ciência* que estão mais envolvidos num certo aspeto da ciência. Juntos estes formam o público, que com os seus costumes, normas e interações sociais, constituem uma sociedade (p. 184).

De acordo com Dijkstra et al. (2020), a abordagem à comunicação de ciência pode variar em dois tipos: 1) a atividade orientada para a transmissão, como, por exemplo, um programa de televisão informativo transmitido para um público; 2) a atividade orientada para a transação em que há uma base de interação entre as duas partes envolvidas, por exemplo sessões de diálogo com o público de forma a obter uma opinião. A primeira envolve uma comunicação unidirecional e a segunda uma comunicação bidirecional.

1.1.2 Espaços de Divulgação de Ciência

Os museus de ciência comunicam com grandes números de indivíduos de grupos minoritários e aceitam os seus visitantes como seres humanos individuais com várias capacidades, interesses, objetivos e propósitos (Labor, 1974, p. 592). Estes museus não só contribuem para um melhor entendimento da ciência, mas também disponibilizam assuntos científicos cada vez mais atuais e de grande interesse ao público.

O número de museus em Portugal em 2010 era de 340, com cerca de 10.363.000 visitantes, aumentando para 388 museus em 2015, com 13.661.000 visitantes, e 436 museus e 2019, com 19.778.000 visitantes, de acordo com o Portal PORDATA⁴ (Figura 1.1). Podemos assim constatar que o número de museus e de visitantes tem aumentado significativamente. De acordo com Delicado, esta subida deve-se ao desenvolvimento de museus universitários,⁵ à criação de uma rede de centros de ciência sob égide da Agência Ciência Viva e à entrada das autarquias e de empresas neste meio (2013, p. 46). Já Granado & Malheiros (2015, p. 22) atribui este

⁴ Consultar dados em bruto no Anexo G.

⁵ Museu da Ciência da Universidade de Coimbra, o Museu Nacional de História Natural e da Ciência da Universidade de Lisboa e o Museu de Ciência e o Museu de História Natural da Universidade do Porto.

crescimento à maior atratividade dos vários equipamentos, da melhoria do nível cultural dos cidadãos e uma aposta determinada por parte das escolas e das famílias na melhoria da formação dos mais jovens.

Anos	Equipamentos culturais			Indivíduo - Milhares		
	Museus, jardins zoológicos, botânicos e aquários			Visitantes de museus, jardins zoológicos, botânicos e aquários		
	Total	Museus	Jardins zoológicos, botânicos e aquários	Total	Museus	Jardins zoológicos, botânicos e aquários
2010	360	340	20	13.840	10.363	3.477
2015	424	388	36	17.628	13.661	3.968
2019	472	436	36	24.425	19.778	4.647

Figura 1.1: Tabela comparativa entre 2010, 2015 e 2019 do número de museus e visitantes em Portugal

(Anexo G)

O público destes espaços são maioritariamente o público escolar (Delicado, 2013). Os seus principais destinatários são os jovens. Desta forma, despertam e incentivam a curiosidade pela ciência e pela tecnologia, deixam de ter tanto medo das ciências duras, aprendem a usar o método científico nas suas atividades, até as mais vulgares, e chamam a atenção possíveis carreiras profissionais na área da ciência e tecnologia (Gil, 2003, p. 25).

Para além das várias atividades que têm realizado para o público escolar, estes espaços têm outras iniciativas como cursos de formação de professores sobre o ensino experimental das ciências, realização de palestras, materiais didáticos para professores, saídas de campo, ocupação de tempos livres e festas de aniversário (Granado & Malheiros, 2015, p. 21,22). Esta variedade vem ao encontro de mudar o paradigma de que os museus servem apenas de “espaços de preservação e contemplação de objetos de valor estético, histórico ou simbólico para lugares de educação e formação do público” (Delicado, 2013, p. 44).

Em *The Participatory Museum (2010)*, Simon defende abrir os museus à cultura participativa, convidando os seus visitantes a participarem em como melhorar o museu, criando o seu testemunho e dando os seus contributos. Para criar esta participação, Simon acredita em criar experiências bem fundamentadas que colocam as contribuições dos visitantes com uma utilidade rica de significado, ou seja, uma ferramenta valiosa vai contribuir para contribuições valiosas. Estas contribuições são feitas num ambiente em que os visitantes tomam um papel de

agentes criativos e contribuem para um projeto maior e com instruções claras de como conseguir. Ao convidar os visitantes a participar irá cativar o interesse daqueles que preferem criar que apenas ver.

Simon (2010) refere que os artefactos nos museus podem servir de ponte social, encorajando as pessoas a conversarem através deles e a terem ligações não só entre elas, mas também com os objetos, encorajando-as a saberem mais sobre eles.

1.2 Ludificação

A ludificação, do termo original *gamification* de origem inglesa, tem definição a “a utilização de elementos de design de jogos em contextos não relacionados com jogos”⁶ (Deterding et al., 2011). A ludificação tem sido bastante adotada como estratégia para criar interesse e motivação nas pessoas (Basten, 2017).

Ao longo desta secção é contextualizado o conceito de jogos pervasivos e estratégias de ludificação para criar motivação e envolvimento. Estratégias como as tipologias de jogadores de Bartle que descrevem as motivações para quatro tipo de jogadores diferentes, estrutura Octalysis de Yu-Kai Chou que descreve oito motivações que fazem uma boa jogabilidade e por fim a teoria do fluxo de Mihaly Csikszentmihalyi que descreve como manter um bom envolvimento.

1.2.1 Jogos Pervasivos

Os jogos pervasivos seguem os mesmos princípios da computação ubíqua. Este termo, cunhado por Weiser (1991), define-se pela omnipresença da computação no nosso quotidiano onde a interação humana com o computador é impercetível e de forma natural ao ponto em que os utilizadores não se apercebem da sua existência. O termo pervasivo tem como o seu significado aquilo que se infiltra ou penetra, neste caso os jogos visam fundir-se com espaço físico,

⁶ (T.A.) “the use of game design elements in non-game contexts”.

geralmente urbano, ampliando a experiência do espaço físico e fluindo entre as fronteiras do espaço físico e do virtual ou ficcional.

Huizinga (1949) introduziu o conceito do círculo mágico. Para ele, todo o jogo existe num campo previamente delimitado. “A arena, a mesa de cartas, o círculo mágico, o templo, o palco, o ecrã, o campo de ténis, o campo de justiça, etc., estão todos em forma e funcionam como terrenos de jogo” (p. 10).⁷ Estes são lugares proibidos, isolados, fechados, sagrados e com determinadas regras a respeitar. Huizinga acrescenta que são mundos temporários no mundo banal dedicados a um ato separado, trazendo perfeição temporária num mundo imperfeito. Qualquer desobediência, estraga o jogo e torna-o inútil e saímos do círculo. Entrar neste espaço muitas vezes depende de uma questão social, uma vez que as pessoas à nossa volta precisam de acreditar neste espaço também, só assim nos conseguimos deixar ir. É necessário, portanto, viver a ilusão. Salen e Zimmerman (2004) expandem este conceito do círculo mágico, caracterizando-o como “espaço finito com infinitas possibilidades” (p. 95). De acordo com os mesmos, quando jogamos um jogo, assinamos uma espécie de contrato social, aceitando as suas condições sob uma autoridade invisível. Esta atitude que é exigida pelos jogadores é descrita como atitude lusória, adotando-a pelo simples prazer de jogar. Tanto os programadores do jogo como os jogadores criam o círculo mágico.

Os jogos pervasivos expandem este círculo mágico para o mundo real, explorando os seus limites em dimensões espaciais, temporais e sociais, quebrando as tradicionais barreiras de um sistema de jogo formal, criando novos géneros de jogo como jogos de realidade alternativa, de realidade aumentada e trans-realidade e jogos de transmídia (Montola, 2005).

1.2.2 Categorias de Jogadores de Bartle

De modo a entender como os diferentes jogadores encontram diferentes tipos de coisas divertidas foi feito o levantamento da premissa da existência de categorias de jogadores de Bartle (2015). Bartle analisou os jogadores de *Multi-User Dungeons (MUD)* e sumariou-os em

⁷ (T.A.) “play-ground”.

quatro categorias, usando dois eixos para expressar a preferência pela maneira como jogam, se gostam de agir ou interagir com o mundo ou com os outros jogadores (Figura 1.2).

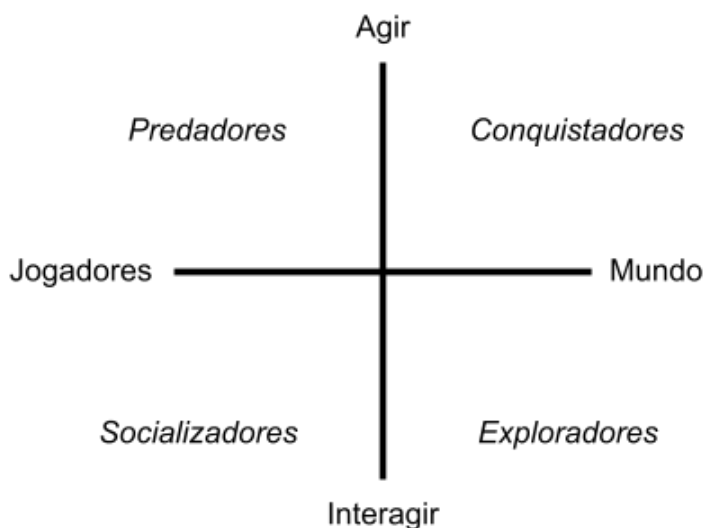


Figura 1.2: Modelo de tipos de jogador de Bartle (2005)

- **Conquistadores:**⁸ Aqueles que gostam de agir no mundo. Atingem objetivos definidos avançando a sua personagem no sistema de classificação do jogo.
- **Sociais:**⁹ Aqueles que gostam de interagir com outros jogadores. Privilegiam a interação com outros jogadores através do jogo, sendo eles próprios ou fazendo *role-play* por de trás de uma máscara.
- **Exploradores:**¹⁰ Aqueles que gostam de interagir com o mundo. A diversão para esta categoria de jogador provém da exploração do mundo virtual e do seu funcionamento, encontrando felicidade na descoberta e na procura de coisas novas.
- **Predadores:**¹¹ Aqueles que gostam de agir sobre outros jogadores. Estes procuram dominá-los, atacando-os ou criando-lhes dificuldades no jogo.

⁸ (T.A.) “Achievers”.

⁹ (T.A.) “Socializers”.

¹⁰ (T.A.) “Exploradores”.

¹¹ (T.A.) “Killers”.

Apesar deste modelo ter sido aceite pela maioria, Bartle (2015) acrescenta que este modelo tem algumas falhas tais como a sugestão que os jogadores mudam de categoria ao longo do tempo, mas não sugere como isso pode acontecer ou a falta de subcategorias que este modelo não prevê. Bartle resolve as falhas adicionando uma terceira dimensão com um novo eixo, implícito e explícito criando novas subcategorias.¹²

1.2.3 Framework Octalysis

A *framework Octalysis* criada por Chou (2019) estabelece oito principais motivações para uma ludificação eficaz de forma a tornar um jogo mais divertido. Chou viu que quase todos os jogos são divertidos porque apelam a certas *motivações centrais*¹³ que temos em nós e que nos motivam para fazer certas atividades. Desenhada na forma de um octógono, cada vértice da *framework* corresponde a uma *motivação central*.

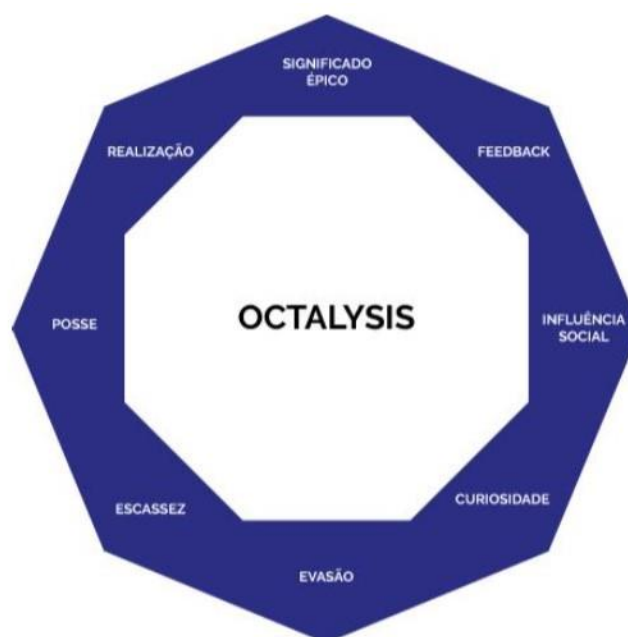


Figura 1.3: Octógono adaptado de Chou (2019) representando cada uma das motivações centrais.

¹² Tendo em conta a sua complexidade adicional, não serão relevantes para o quadro teórico e portanto não serão descritos.

¹³ (T.A.) “Core Drives”.

Segue uma descrição sumária de cada *core drive*:

1. *Significado Épico*.¹⁴ Nesta motivação, o utilizador acredita que ele está a fazer algo maior do que ele próprio ou foi escolhido para tal (chamada para ação). Chou acredita que pode originar sorte de principiante ou gastar demasiado tempo em algo como manter um fórum ou ajudar a criar coisas para uma comunidade.

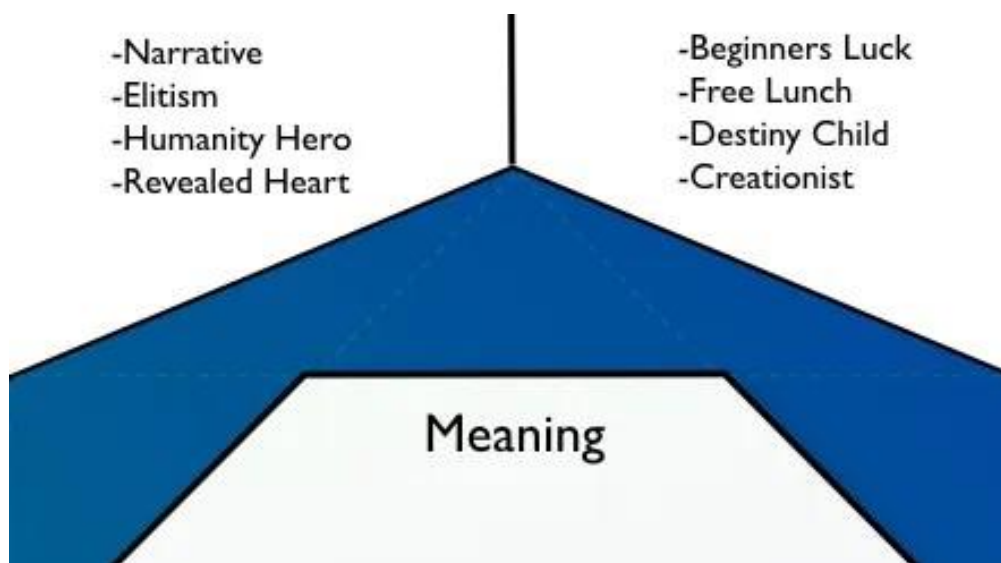


Figura 1.4: Significado Épico Chou (2019)

¹⁴ (T.A.) "Epic Meaning and Calling".

2. *Desenvolvimento e Conquista.*¹⁵ É uma motivação onde o utilizador cria progresso, desenvolve competências e acaba por superar desafios. Se este criar uma coleção, tem a motivação de completar ou se este vencer um desafio e receber um troféu, tem a motivação de obtê-los todos.

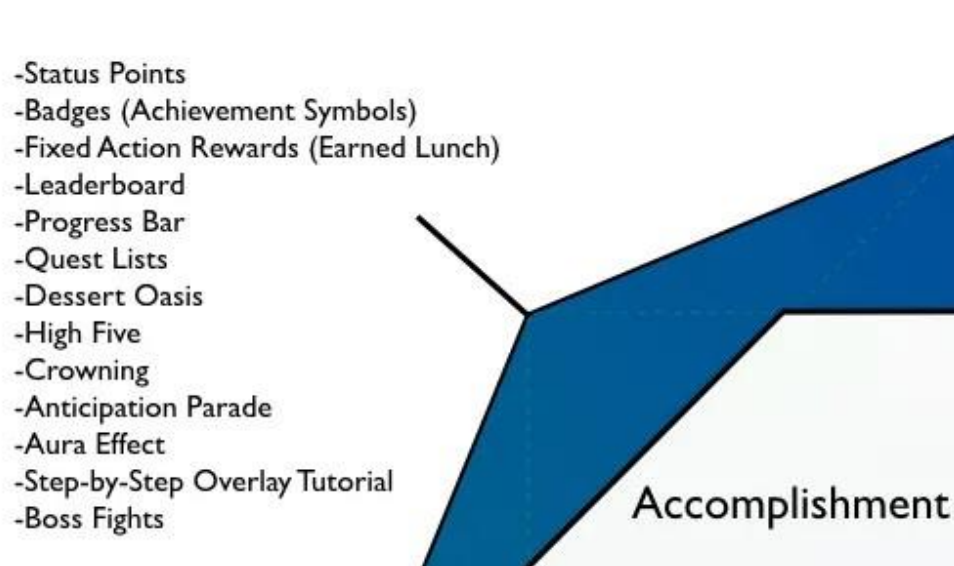


Figura 1.5: Desenvolvimento e Conquista Chou (2019)

¹⁵ (T.A.) “Development & Accomplishment”.

3. *Empoderamento da Criatividade e Feedback.*¹⁶ Nesta motivação, o utilizador está envolvido num processo criativo. Neste processo pode ter de descobrir sozinho como resolver algo, usar a criatividade e experimentar opções diferentes. Chou refere que nem sempre precisa de expressar a sua criatividade, mas precisa de ver o resultado da mesma, receber feedback e responder de acordo. Chou também refere que isto é a razão pela qual os legos são divertidos por si mesmos. Neste cenário, muitas das vezes isto pode dar origem a mecânicas que fazem com que o jogo esteja sempre dinâmico sem precisar que um designer de jogos adicione mais coisas.

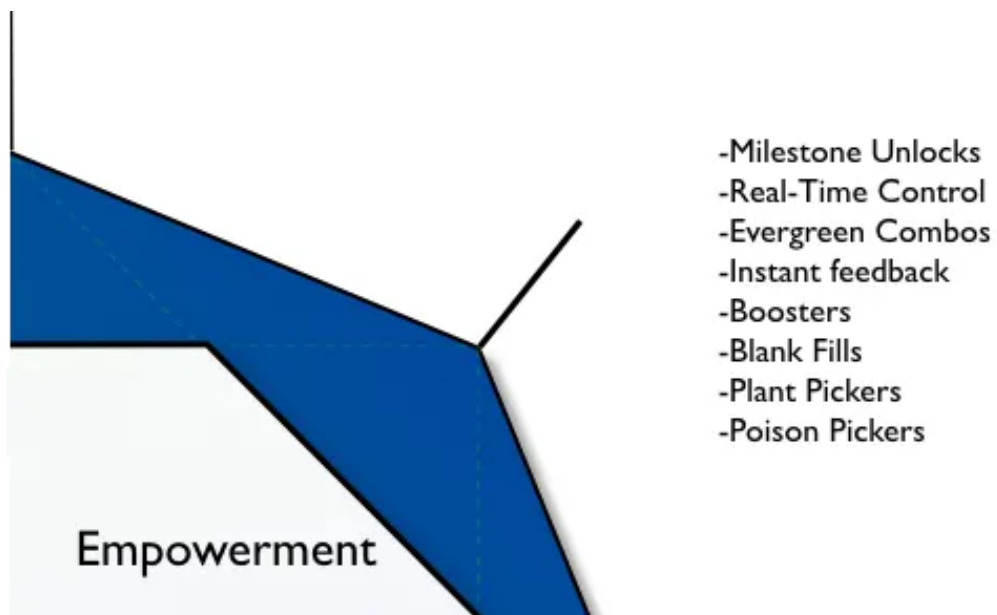


Figura 1.6: Empoderamento da Criatividade e Feedback Chou (2019)

¹⁶ (T.A.) “Empowerment of Creativity & Feedback”.

4. *Apropriação e Capacitação*.¹⁷ Aqui a motivação surge quando os utilizadores possuem algo. Quando este se sente dono de algo, vai naturalmente melhorar o que possui e possuir mais, motivando-se por sua vez a acumular riqueza. Chou dá o exemplo de sistemas que tomam partido desta motivação, como os muitos bens e moedas virtuais e quando os utilizadores passam muito tempo a personalizar o seu perfil ou avatar, sendo que automaticamente lhe dão mais estima e sentem-se mais donos. Esta também é uma das motivações que fazem o colecionismo de cromos ou peças de puzzles divertidos.

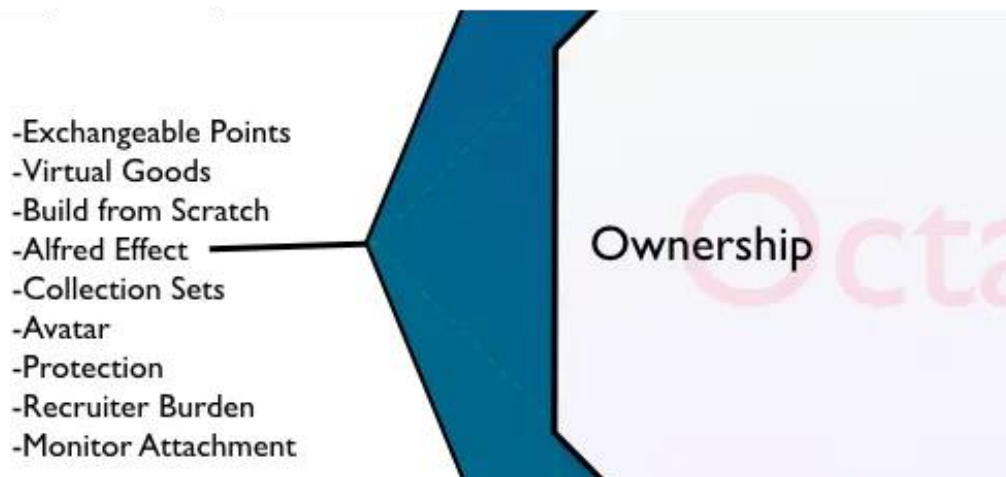


Figura 1.7: Apropriação e Capacitação Chou (2019)

¹⁷ (T.A.) “Ownership & Possession”.

5. *Influência Social e Afinidade.*¹⁸ Esta motivação incorpora os elementos sociais que motivam as pessoas. Chou inclui como esses elementos a mentoria, a aprovação, respostas sociais, companheirismo, bem como a competição e inveja. Isto acontece por exemplo, quando um amigo atinge um certo patamar ou obtém algo, somos levados a chegar ao mesmo nível ou obter igual.



Figura 1.8: Influência Social e Afinidade Chou (2019)

¹⁸ (T.A.) “Social Influence & Relatedness”.

6. *Escassez e Impaciência*.¹⁹ Nesta motivação o utilizador quer algo que não pode ter. Chou dá o exemplo das mecânicas de tempo onde o utilizador tem de voltar após um certo tempo para obter uma recompensa. Uma pessoa acaba por pensar o dia todo nessa recompensa pensando em como a obter.

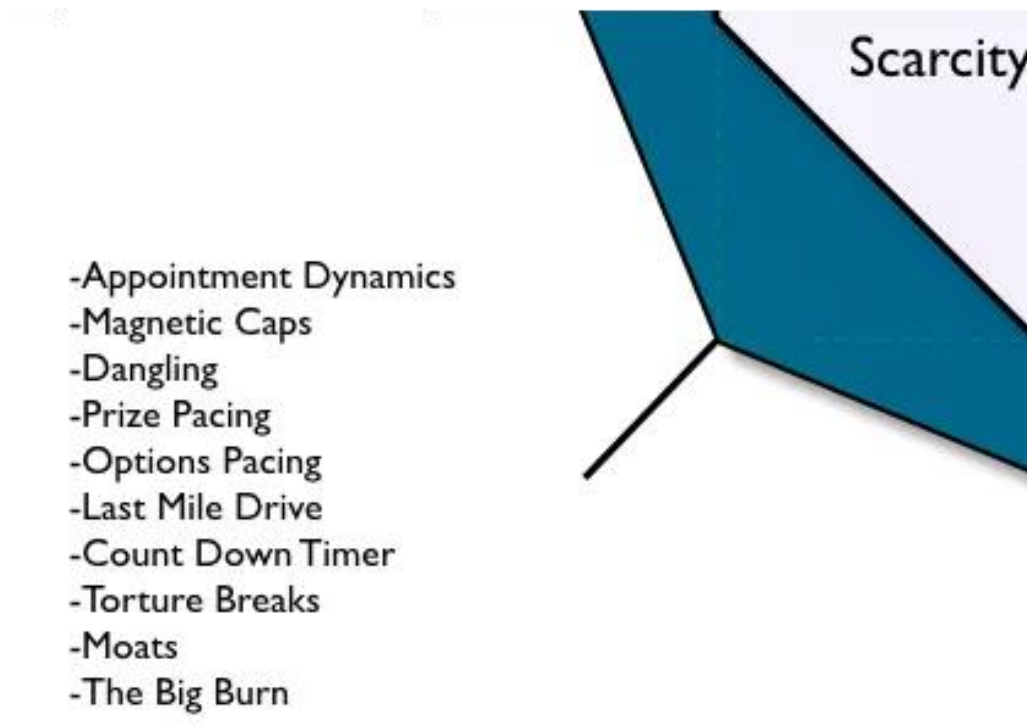


Figura 1.9: Escassez e Impaciência Chou (2019)

¹⁹ (T.A.) “Scarcity & Impatience”.

7. *Imprevisibilidade e Curiosidade*.²⁰ Quando se espera algo e quer-se saber o que vai acontecer a seguir surge esta motivação. Se não sabemos o que vai acontecer ficamos inquietos a pensar frequentemente no assunto. Esta motivação está presente nos filmes e livros. Apesar de inofensiva, ela também está presente no vício do jogo, principalmente na lotaria ou nos jogos de sorte.



Figura 1.10: Imprevisibilidade e Curiosidade Chou (2019)

²⁰ (T.A.) "Unpredictability & Curiosity".

8. *Perda e evitação*.²¹ Esta é uma motivação mais negativa, que motiva as pessoas a continuar a progredir de modo evitar a perda de algo que perderam anteriormente. Pode ser impulsionado pelo medo de perder o trabalho, ou evitar parar o que estão a fazer para não desperdiçar o trabalho feito até ao momento e ter sido inútil o tempo gasto.

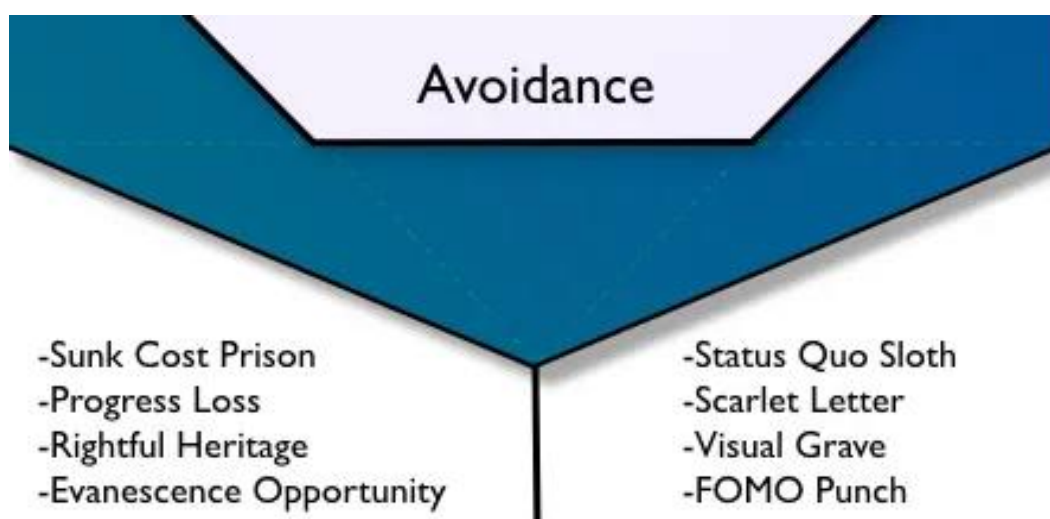


Figura 1.11: Perda e evitação Chou (2019)

1.2.4 Teoria do Fluxo

Tendo em conta que a capacidade do lúdico para envolver os utilizadores, foi feito o levantamento da teoria do fluxo de Csikszentmihalyi (2008), que fornece indicações de como criar esse envolvimento de forma a criar uma boa jogabilidade.

Csikszentmihalyi (2008) chama fluxo um estado caracterizado pela sua intensa concentração onde há uma perda de autoconsciência, sensação de estar perfeitamente desafiado, nem muito aborrecido, nem muito sobrecarregado, e uma sensação em que o tempo passa a correr. De acordo com Csikszentmihalyi, para obter este estado de fluxo é necessário um equilíbrio entre o que é desafiante, mas realizável dentro das capacidades da pessoa. As tarefas pouco desafiantes ou que levam mais tempo a realizar tornam-se mais aborrecidas e facilmente se

²¹ (T.A.) “Loss & Avoidance”.

perde o interesse nelas. Uma tarefa demasiado difícil pode provocar frustração e ansiedade e, mais uma vez, desinteresse na sua execução.

Este equilíbrio, essencial para a obtenção do estado de fluxo, requer que o desafio acompanhe e vá aumentando à medida que as pessoas vão ganhando competências. Este é representado na Figura 1.12, no que é referido como o *canal de fluxo*.²²

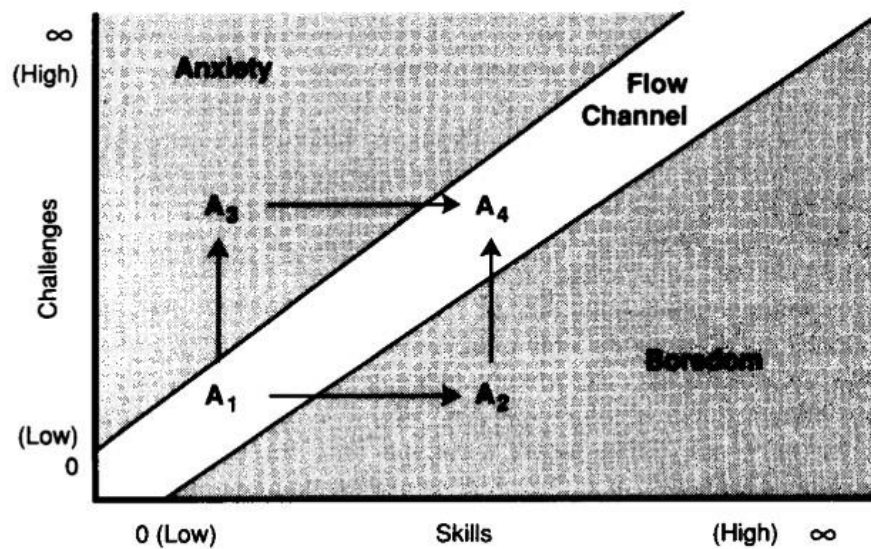


Figura 1.12: Diagrama do *estado de fluxo*, obtido quando há equilíbrio entre o nível do desafio de uma tarefa e as competências e confiança de quem a cumpre Csikszentmihalyi (2008)

²² (T.A.) “Flow Channel”.

1.3 Realidade Aumentada Móvel

A realidade aumentada móvel, aplica a tecnologia da realidade aumentada a dispositivos móveis, tomando partido das suas câmaras, analisa a imagem e cria uma cena de fusão, em tempo real, entre a realidade e o virtual, permitindo interação com a mesma (Yu et al., 2016). A informação providenciada pela realidade aumentada, não está limitada a imagens, podendo ser também “som, sabor e tacto” (Yu et al., 2016, p. 547).

Tendo em conta que o protótipo funcional apenas usa a realidade aumentada móvel, esta secção foca-se apenas no aproveitamento da transmissão das câmaras para adicionar objetos virtuais ou paisagens sonoras. Começa pela sua definição e seguida da visão histórica, aplicações criativas e lúdicas e por fim os desafios que a tecnologia ainda enfrenta.

1.3.1 Definição

Para podermos definir a realidade aumentada, precisamos de a diferenciar da realidade virtual. Na realidade virtual o utilizador é transportado para um ambiente virtual enquanto na realidade aumentada o utilizador mantém-se no espaço físico e transporta o ambiente virtual para este espaço, permitindo a interação com o mundo virtual de forma natural e sem necessidade de muita aprendizagem ou adaptação. A realidade aumentada, enriquece, portanto, o espaço físico com objetos virtuais (Kirner & Tori, 2006), dando assim ao utilizador a ilusão de um ambiente onde os objetos virtuais e reais coexistem.

Azuma (1997) define a realidade aumentada como algo que necessita de combinar o conteúdo real com o conteúdo virtual real de forma que eles pareçam que coexistem no mesmo espaço. Necessita também de ser interativa em tempo real e ser registada em três dimensões, ou seja, Azuma não considera sobreposições 2D não interativas misturadas com o mundo real fazendo parte da realidade aumentada, fazendo uma exceção para as interfaces para visores de capacetes.²³

²³ (T.A.) “HDMs” (Head-Mounted Displays).

Milgram e Kishino (1994) definem a realidade aumentada como integrante à área da *realidade mista*²⁴ situada no centro do *virtuality continuum* (Figura 1.13), onde num extremo está o ambiente real e noutro o ambiente virtual. Quando os objetos virtuais são colocados no mundo real num ambiente de *realidade mista*, a realidade aumentada acontece.

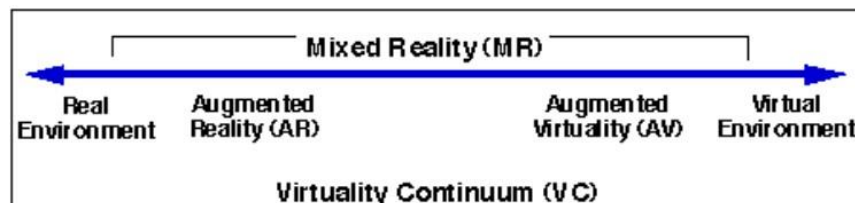


Figura 1.13: Representação do *virtuality continuum* (Milgram & Kishino, 1994)

1.3.2 Visão Histórica

Vivemos numa era onde a realidade aumentada está progressivamente mais presente nas nossas vidas, sendo cada vez mais popular. Contudo, esta tecnologia não é nova. Ao longo dos anos, diferentes métodos e meios de fundir imagens virtuais com o mundo real foram sendo desenvolvidos. No início do século XVII, uma ilusão, chamada de fantasma de Pepper,²⁵ era usada em teatros e museus onde grandes placas de vidro eram colocadas para refletir objetos e fundir esses reflexos com o mundo real, criando uma espécie de imagem fantasma (Brooker, 2007).

Apenas em 1968, Ivan Sutherland com ajuda dos seus estudantes, criaram o primeiro protótipo de um sistema de realidade aumentada, gerado por computador, consistindo por um monitor ótico transparente baseado em CTR montado na cabeça, dando-lhe o nome de *The Sword of Damocles* (Figura 1.14). Sutherland levou inspiração a vários investigadores na área da realidade virtual, mas a realidade aumentada, nas seguintes décadas, seguiu sendo investigada por militares, a agência espacial NASA e laboratórios de pesquisa governamentais (Billinghurst et al., 2014).

²⁴ (T.A.) “Mixed Reality”.

²⁵ (T.A.) “Pepper’s ghost”.

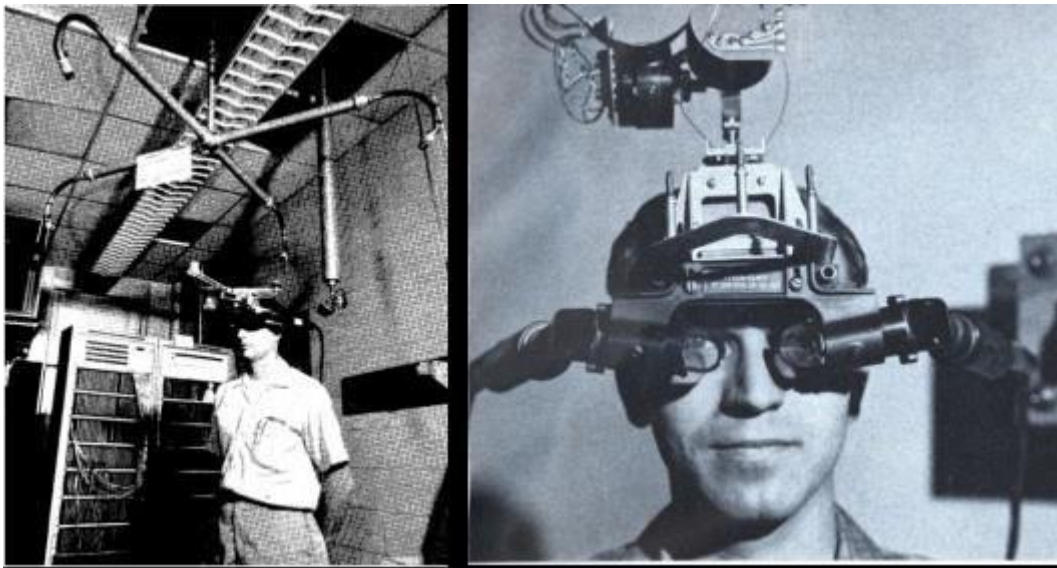


Figura 1.14: *The Sword of Damocles*

As pesquisas e produtos desenvolvidos até aos anos 1980 por estas entidades, como o *Supercocpit* de Furness para a Força Área Americana, o *VIVED* (mais tarde chamado de *VIEW*) da NASA e os produtos da empresa VLP Research criada por Jaron Lanier e Jean-Jacques Grimaud, abriram as portas, tornando-se acessível para os académicos e para a indústria. O grupo UNC conduziu a investigação inicial de visores montados na cabeça, técnicas de registo e rastreamento, e aplicações médicas (Billinghamurst et al., 2014). O grupo de Steve Feiner da Universidade da Colômbia publicou um dos primeiros trabalhos académicos sobre realidade aumentada, descrevendo o *KARMA*, uma base de conhecimentos de realidade aumentada, investigou sobre métodos de interação e desenvolveram o primeiro sistema de realidade aumentada móvel (Feiner et al., 1993).

Dave Mizell e Tom Caudell exploraram o uso da RA no contexto industrial e Caudell foi o primeiro a publicar um artigo académico com o termo *Augmented Reality* – em português, realidade aumentada, acreditando-se ser ele o criador do termo. A meio dos anos 1990, as investigações continuaram a avançar, sendo que por essa altura o conceito de *wearable computing* (ou computação vestível) começou a emergir, contando visores montados na cabeça como sendo a melhor forma de apresentar informação, tornando se natural com a realidade aumentada. Feiner introduz esta *wearable technology* com rastreamento GPS, originando um

número de interfaces de RA podendo ser usadas no exterior e apresentar informações no mundo real, e mais tarde Thomas e Pekarski continuaram investigação com esta combinação. Inicialmente o equipamento desses sistemas eram bastante pesados e volumosos, mas eventualmente tornaram-se mais leves (Billinghurst et al., 2014).

Já no ano 2000, Kato e Billinghurst desenvolveram a biblioteca de rastreamento chamada *ARToolKit*, lançando-a como fonte aberta, possibilitando o desenvolvimento de aplicações de realidade aumentada aos programadores e investigadores mais facilmente, tornando-se assim rapidamente a biblioteca de rastreamento mais utilizada e resolvendo problemas como o rastreamento da vista do utilizador e a possibilidade de interação com objetos no mundo real. Em adição à *wearable computing*, começam a investigar os dispositivos *handheld* (dispositivos portáteis), que evoluíram para ser possível executar algoritmos de rastreamento de realidade aumentada avançados, que apenas era acessível previamente aos computadores. Em 1997 os dispositivos móveis receberam câmaras, originando a que em 2004 a primeira aplicação de realidade aumentada fosse desenvolvida para um dispositivo móvel, chamada de *Invisible Train* (Wagner et al., 2004) e fosse posteriormente incluída a biblioteca *ARToolKit*.

Este passo criou mais possibilidades para a realidade aumentada, tornando-se, assim, acessível para milhões de pessoas que agora poderiam experienciar a realidade aumentada no bolso. Várias empresas dedicadas à tecnologia foram criadas, crescendo cada vez mais, museus e parques temáticos começaram a adotar mais experiências do tipo. A Sony criou o primeiro jogo de realidade aumentada chamado de *The Eye of the Judgement* (2007) (Figura 1.15), vendendo mais de 300 mil cópias, tornando-se a experiência mais usada na altura. Para além disso, podiam assistir à tecnologia da realidade aumentada na TV nos desportos ao mostrarem linhas sobrepostas ao campo ou nas bandeiras que apareciam nos jogos Olímpicos atrás dos nadadores (Billinghurst et al., 2014).



Figura 1.15: Screenshot do jogo *The Eye of the Judgement* (2007) de um artigo da Wired²⁶

Billingham et al (2014) refere que a partir de 2009, a realidade aumentada atingiu um ponto de viragem, mostrando num gráfico do *Google Trends* (Figura 1.16), que indica o interesse das pessoas ao longo do tempo através das suas pesquisas, onde o interesse pela tecnologia chegou a passar o da realidade virtual, permanecendo em cima até fins de 2013, ano da chegada do popular dispositivo de realidade virtual *Oculus Rift* e outros subsequentes.

²⁶ Review: *The Eye of Judgment Doesn't Have Much Fun in the Cards* | WIRED. Consultado a 30 de Junho de em <https://www.wired.com/2007/10/physical-playin/>.



Figura 1.16: Gráfico adaptado do *Google Trends* para o termo Realidade Aumentada e Augmented Reality²⁷

O segundo passo importante no avanço da tecnologia foi a chegada dos *smartphones*. Apesar de alguns telemóveis terem a tecnologia presente, tinham um processamento lento e sensores limitados. A chegada do *iPhone* em 2007 veio resolver estes problemas, sendo mais poderoso, mas foi com a chegada do *Android* em 2008 que a realidade aumentada móvel emergiu com mais força. Foram posteriormente criadas várias aplicações para as plataformas como a *Senkai Camera*, *Junaio* e *Layar*, usadas por milhões de pessoas. O terceiro passo que veio dar contribuição e reconhecimento à realidade aumentada foi o uso da mesma na publicidade, onde marcas como a Nike, Coca-Cola, Ford entre outras, criaram várias campanhas publicitárias. Outras campanhas na Internet e da imprensa também se tornaram comuns (Billinghurst et al., 2014).

Em 2012, é lançado o *Google Glass*, pela *Google X*, um laboratório na Google, prometendo a integração da realidade aumentada no dia a dia de forma ubíqua. Contudo, o dispositivo acabou por ser descontinuado da venda ao público geral, não só devido ao seu preço, mas também uma grande preocupação sobre privacidade, sendo que o mesmo permitia gravar e tirar fotografias em qualquer lado (Bilton, 2015). Depois de o projeto ter acabado em 2015 para os consumidores, o *Google Glass* continua a ser usado no contexto industrial, fornecendo

²⁷ realidade aumentada, augmented reality - Explorar - Google Trends Consultado a 30 de Junho de 2021 em <https://trends.google.pt/trends/explore?date=2006-06-04%202021-07-01&q=realidade%20aumentada,augmented%20reality>

assistência aos trabalhadores dando-lhes informações em tempo real de uma forma simple e não obstrutiva. Desde então outros produtos similares foram criados, como *Microsoft HoloLens 1 e 2* e *Magic Leap*, que seguem o mesmo caminho industrial, tendo igualmente pouco sucesso com os consumidores, mas impulsionado cada vez mais a realidade aumentada ao normalizá-la.

Outros marcos recentes importantes, incluem o lançamento do jogo *Pokémon Go* (2016)²⁸ pela Niantic e Nintendo, um jogo para o *smartphone*, levando a conhecer a tecnologia a milhões de pessoas e trazendo uma nova forma de jogar jogos no telemóvel com realidade aumentada. Em 2017, a Apple lança a biblioteca *ARKit SDK* e no ano seguinte a *Google* lança a sua própria biblioteca chamada *ARCore SDK*, tornando acessível o desenvolvimento de aplicações de realidade aumentada para os produtos da Apple (iPhone e iPad) e Android respetivamente.

Para um futuro próximo, prevê-se que sejam desenvolvidos mais produtos com realidade aumentada, com a Apple prometendo em 2022 o seu próprio capacete e uns óculos inteligentes com RA e com a chegada do 5G, experiências na nuvem de realidade aumentada.

1.3.3 Aplicações de Realidade Aumentada Móvel no Contexto Criativo e Lúdico

Ao longo desta secção é fornecida uma visão geral de potenciais utilizações para a realidade aumentada móvel em contexto criativo e lúdico. Estas potenciais utilizações são focadas em dispositivos móveis *hand-held*, não incluindo os dispositivos usados na cabeça ou integrados no espaço físico devido à irrelevância para o desenvolvimento da aplicação móvel.

Aplicações Criativas

Com o aumento do interesse e acesso à tecnologia, principalmente com a chegada dos *smartphones*, os artistas começaram a ver a realidade aumentada como uma forma de criarem usando uma tecnologia emergente. Um dos primeiros grupos a usar realidade aumentada com

²⁸ *Pokémon GO* Consultado a 30 de Junho de 2021 em. <https://pokemongolive.com/en/>

o intuito artístico foi o grupo *Manifest.AR*. O uso criativo da realidade aumentada ainda está na sua infância (Geroimenko & Skwarek, 2018).

Um dos usos da tecnologia da realidade aumentada é o ativismo. Com a realidade aumentada temos a possibilidade combinar experiência urbana do mundo real com a experiência digital da internet, tendo isto em conta é possível trazer o ativismo baseado na internet para o mundo real. Ativistas conseguem através da tecnologia colocar mensagens em localizações específicas e partilhá-las tanto fisicamente como online. O seu objetivo é que a mensagem chegue e mobilize o maior número de pessoas possível, dando-lhe voz. Maioria destas experiências são feitas em lugares públicos ou numa localização com um determinado problema e criam uma oportunidade para o diálogo e mudança social. Alguns dos projetos de ativismo de realidade aumentada são inspirados no *Culture Jaming* e *Graffiti*, ambos criados em sítios públicos muitas vezes sem permissão. A realidade aumentada oferece, assim, ao ativismo uma das ferramentas mais poderosas para expressão (Skwarek, 2018).

Uma das possíveis aplicações para a realidade aumentada é a personalização. Para além de os utilizadores terem acesso a uma experiência criada por eles, na personalização a experiência faz parte da criação do utilizador. Alguns exemplos incluem uma aplicação intitulada *Taking the Artwork Home*, que permite aos utilizadores fazerem curadoria na sua própria exposição de arte em casa, substituindo-os por pinturas da galeria Peter Scott. Estas curadorias podem ser depois partilhadas com outros utilizadores, criando um veículo de comunicação através delas (Coulton et al., 2014). Outro exemplo usa uma aplicação móvel que coloca crianças a pintar figuras com contorno, inicialmente abstratas, mas depois revelam ser texturas que podem ser colocadas nos artefactos de uma galeria, após procurados, como pinturas e esculturas em realidade aumentada. Podendo assim alterar os originais e explorar outras possibilidades, contudo mantendo o respeito pelo original e promovendo a sua análise (Čopič Pucihar et al., 2016).

Aplicações Lúdicas

Os jogos são frequentemente citados como a utilização mais eficaz da tecnologia AR. Os jogos são amplamente reconhecidos pela introdução de novas tecnologias ao público em geral. A

indústria dos jogos é grande e atrai vários consumidores, portanto, o uso de realidade aumentada segue maioritariamente nesse sentido (Tan & Soh, 2011).

Entretenimento. Esta é a aplicação de realidade aumentada em jogos com o propósito apenas de entretenimento. Alguns exemplos pertinentes incluem o jogo *Pokémon Go* (2016), um jogo jogado numa grande área e multijogador que utiliza o mundo real para distribuir criaturas virtuais chamadas de *pokemon* que o utilizador pode apanhar, colecionar e participar em batalhas com eles. *Ingress* (2012),²⁹ é um jogo de *role-playing* fictício, jogado também numa grande área e multijogador que utiliza o mundo real como campo de batalha entre duas frações de jogo.

Jogos Sérios. Uma das aplicações para a realidade aumentada e o lúdico são os jogos sérios. Esta categoria de jogos foca-se em usar o elemento lúdico para além do simples entretenimento (Azadegan et al., 2012).

1.3.4 Desafios da Realidade Aumentada

A realidade aumentada, como referido anteriormente, é uma tecnologia que está a crescer e em constante desenvolvimento. Tendo isso em conta, os desafios que apresenta são variados. De seguida, serão apresentados alguns deles, com base na recolha de Billingham (2021), de forma a entender o que obstáculos ainda permanecem no desenvolvimento da tecnologia.

Desafio da Visualização. Um dos primeiros desafios que a tecnologia apresenta é integração no equipamento em que é visualizado a realidade aumentada. Previamente foi referido na secção 1.3.2, o uso de capacetes montados na cabeça que através de um visor incorporado que permite sobrepor elementos digitais no mundo real. Um dos primeiros capacetes foi o de Ivan Sutherland em 1969. Este apresentava um baixo campo de visão, taxa de atualização e resolução. Um dos grandes desafios desses capacetes é criar um campo de visão (Figura 1.17),

²⁹ *Ingress Prime – Ingress Prime.* (2021) Consultado a 1 Julho de 2021 em <https://ingress.com/>

taxa de atualização e melhor resolução para a maioria dos utilizadores achar aceitável (Billinghamurst, 2021).



Figura 1.17: Campo de visão presente no capacete de realidade aumentada *HoloLens* (2015)

Billinghamurst refere que ainda falta abordar vários fatores antes que os capacetes consigam substituir os *smartphones*. Como providenciar boa visibilidade mesmo em condições de sol com muita luz, uma boa resolução, campo de visão maior, cansar menos os olhos ao fim de algum tempo de uso e os olhos poderem ser vistos através do capacete. Outro aspeto importante parece ser o ponto focal, isto é, os objetos manterem-se focados mesmo quando o utilizador olha a diversas distâncias.

Desafio da Interação. Sendo que a realidade aumentada mistura os dois mundos, a realidade atual com a virtual, é necessário que a interação seja tão natural como a maneira com que interagimos com os objetos no mundo físico. Nesse sentido, vários esforços nesse sentido têm sido explorados, como o uso de interfaces em objetos tangíveis para interagir (Figura 1.18) com os elementos em realidade aumentada (Park et al., 2014), e o uso de gestos como no capacete *Hololens 2*.

Outras interações poderão usar a voz e conjunto com os gestos e possivelmente, usar atividade do cérebro (Billinghamurst, 2021).

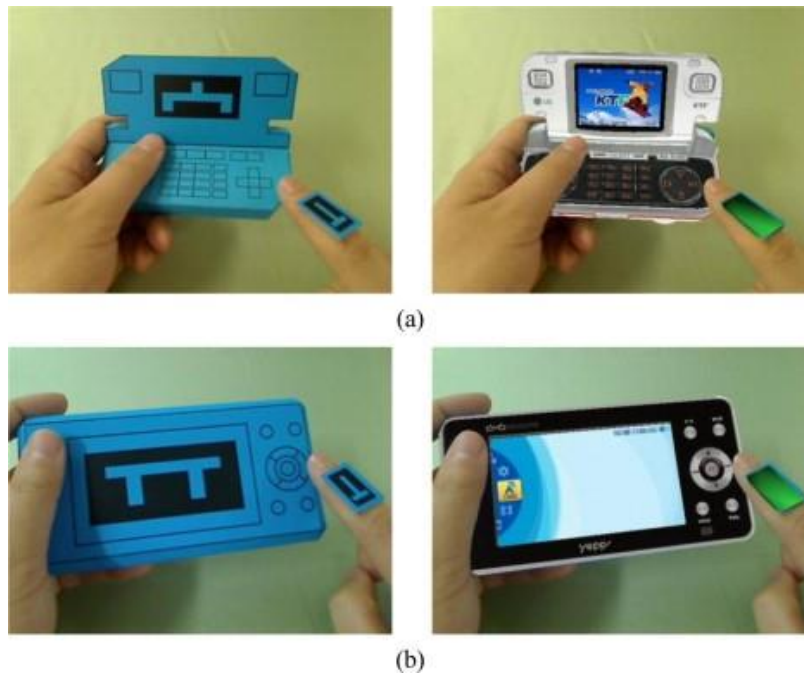


Figura 1.18: Demonstração do uso de objetos tangíveis para mostrar interfaces em realidade aumentada, com e sem oclusão do dedo (Park et al., 2014)

Desafio do Rastreamento. De modo a criar a ilusão que os objetos virtuais pertencem ao mundo real, é necessário que estejam ancorados no mundo real, ou seja, quando nos movermos estes objetos permanecerem onde os deixamos. Para criar essa ilusão é necessário que haja sensores que detetam a localização ou do capacete, ou do dispositivo móvel. Uma das primeiras maneiras de obter isso foi usando sensores mecânicos e ultrassônicos, contudo evoluiu para o uso de visão de computador. Novos métodos foram criados como *deep learning* (aprendizagem profunda), e usar a *cloud* (nuvem) obtendo referências visuais. Nenhum destes sistemas providencia ainda um rastreamento preciso, sendo esse um dos desafios que ainda apresenta a tecnologia (Billinghurst, 2021).

Desafio da Percepção. A ilusão da realidade aumentada precisa que os elementos que são apresentados sejam o mais realistas possível para que o cérebro perceba que estes elementos fazem realmente parte da realidade. Problemas como as diferenças de iluminação destes elementos virtuais em relação com o ambiente real e a oclusão dos objetos que se colocam à

sua frente são alguns dos exemplos do desafio que se apresenta. Apesar de já haver trabalho neste sentido, ainda não é perfeito (Billinghurst, 2021).

Colaboração. Uma das aplicações importantes na tecnologia da realidade aumentada é possibilidade de colaboração em tempo real. A tecnologia tem a potencialidade de permitir o trabalho remoto tão fácil como se fosse cara a cara. O uso de avatares ou hologramas das pessoas em tempo real pode ser melhor para criar um sentido de presença social do que as vídeo chamadas. A possibilidade de ver o que alguém vê com os seus olhos e conseguir dar indicações nos sítios certos para ajudar em desafios na vida real é outra possibilidade. Contudo, segundo Billinghurst (2021) há pouca pesquisa nesta direção.

Problemas Éticos e Sociais. O *Google Glass* apresentou algumas questões de privacidade. É possível verificar que ainda existem problemas de ética e sociais que precisam ser abordados. Billinghurst (2021) acredita que depois da tecnologia começar a ser usada em maior número alguns problemas de ética poderão surgir. Alguns desses problemas podem ser: uma possível aplicação de publicidade não solicitada; o impacto de diferentes pessoas verem o mundo real de forma diferente; privacidade e monitorização das pessoas e possíveis castigos. Para além dos problemas e desafios técnicos da tecnologia, este desafio poderá surgir quando a tecnologia estiver mais presente no quotidiano.

1.4 Trabalho Relacionado

1.4.1 Weird Cuts



Figura 1.19: Captura de ecrã da aplicação *Weird Cuts*, retirada da *Play Store*³⁰

Weird Cuts (2019)³¹ é uma aplicação de realidade aumentada móvel que convida os utilizadores a fazer colagens e montagens no espaço de realidade aumentada utilizando a fotografia. A aplicação contém duas funcionalidades, uma em que permite recortar de forma direta uma fotografia numa forma e guardar esta numa espécie de coleção e outra em que permite criar a colagem, onde podem montar e organizar os seus recortes num espaço 3D no espaço físico, movendo e tocando no ecrã. O utilizador pode fazer ajustes das formas enquanto segura o dedo para cima, baixo, para esquerda ou direita para mover, rodar ou mudar a escala. O resultado é um trabalho multidimensional feito a partir de combinações de objetos (fotografias recortadas) encontrados e improvisação espacial (Kuo & Lieberman, 2019).

Kuo and Lieberman (2019), em parceria com a *Google Arts & Culture*, tentaram responder algumas questões, tais como, a reutilização e montagem de objetos em realidade aumentada para criar cenários novos, se a realidade aumentada pode ser uma ferramenta para criação e

³⁰ *Weird Cuts* – Apps no Google Play. Consultado a 30 de Junho de 2021 em https://play.google.com/store/apps/details?id=cc.openframeworks.arcorexample&hl=pt_PT&gl=US

³¹ *Weird Cuts* by Molmol Kuo, Zach Lieberman - *Experiments with Google*. Consultado a 30 de Junho de 2021 em <https://experiments.withgoogle.com/weird-cuts>

não só apenas consumo e se a realidade aumentada pode ser usada de modo a deixar mensagens num espaço e num tempo específico para os nossos futuros *eus* visitarem e verem.

Esta aplicação criada por Kuo e Liberman, foi uma grande inspiração para o desenvolvimento do projeto inserido nesta dissertação, alinhando-se com alguns dos objetivos propostos e pela sua natureza inovadora.

1.4.2 BEACONING

O projeto BEACONING foi um projeto de financiamento europeu; o nome é um acrónimo de *Breaking Educational Barriers with Contextualised, Pervasive and Gameful Learning*, que se traduz por quebrar as barreiras educativas com aprendizagem contextualizada, pervasiva e lúdica (Coelho et al., 2020). Em colaboração com 15 parceiros que trazem, cada um deles, os seus próprios conhecimentos e tecnologias, o projeto no seu todo visa trazer meios disruptivos que provoquem mudanças de atitude e criação de novos modelos de aprendizagem e práticas de ensino.

O objetivo do projeto é desenvolver uma plataforma para jogos pervasivos que forneçam conteúdos educativos aos estudantes nos momentos mais apropriados, num conceito “em qualquer hora, a qualquer lugar” (Coelho et al., 2020, p. 3). Trazendo o mundo dos jogos para o mundo real, que pode incluir a sala de aula, a própria casa do estudante, ou a cidade em que vivem. Foi desenvolvida uma plataforma que gera automaticamente aplicações móveis com jogos pervasivos com base nas descrições fornecidas pelos professores, que colocam desafios e questões aos alunos. Na Grécia, Turquia, França, Israel e Roménia, centenas de estudantes e profissionais de toda a Europa participaram em 2017 para testar os sistemas BEACONING em grande escala.

Quinze minijogos foram desenvolvidos no âmbito deste projeto na plataforma do BEACONING que possibilitam criar um plano de lição lúdica, que permitem ser adaptados para certos objetivos de aprendizagem e requisitos dos estudantes.

Uma das ferramentas do BEACONING para atividades baseadas em localização pode ser usada por um educador para construir locais que incorporam áreas de interesse num fluxo narrativo com o jogo baseado na localização (Figura 1.20). A história do jogo é baseada em pontos de interesse do espaço físico escolhidos pelo educador. O educador pode incorporar em

cada um dos tópicos de interesse outros minijogos e solicitar que os alunos respondam a perguntas relacionadas com o tópico (Coelho et al., 2019).

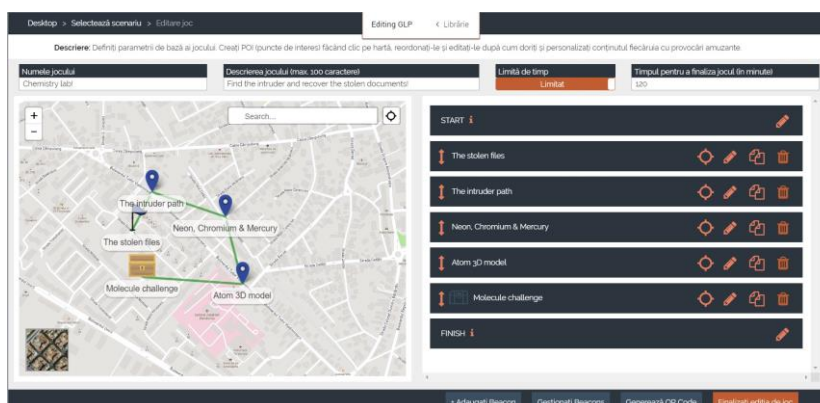


Figura 1.20: Interface de edição do educador para a ferramenta para atividades baseadas em localização.

Este minijogo tem dois tipos de desafios baseados na localização: seguir o percurso e uma caça ao tesouro, em que o jogador recebe uma dica sobre onde se pode encontrar o primeiro ponto de interesse e a distância estimada até ele. À medida que o jogador começa a andar, o jogo exibe informações sobre a sua localização atual e a distância até ao ponto de interesse no mapa. Após cada movimento, o jogador pode verificar se se aproxima ou se afasta mais do local de destino. À medida que o jogador se aproxima do ponto de interesse, a distância entre eles reduz-se.

Um conjunto de projetos-piloto do ecossistema BEACONING foi realizado na Europa a 10 de fevereiro de 2018. Em Portugal, este minijogo foi utilizado para criar uma atividade intitulada de “Como se divertem as flores?” (van Zeller et al., 2020, p. 333) no Jardim Botânico do Porto da baseada na história do “Rapaz de Bronze” de Sophia de Mello Breyner Andresen e nos conteúdos científicos de botânica do jardim. Cada ponto de interesse contava parte da narrativa e apresentava uma pista ou um jogo em que após resolver poderia passar para o próximo ponto de interesse (Coelho et al., 2020).

Este evento serviu como estudo de caso e contou com a participação de um grupo de estudantes do Mestrado em Multimédia e do Doutoramento em Media Digitais da Universidade do Porto, professores e investigadores, e de um membro da equipa do Jardim, na conceção do minijogo (van Zeller et al., 2020).

Após entrevistarem 19 jogadores aleatoriamente, cerca de 79% dos entrevistados acharam a experiência gratificante a nível científico, cerca de 83% descobriram que os jogos tornaram a

experiência mais divertida, e cerca de 95% compreenderam que os minijogos os ajudaram a aprender o conteúdo (Coelho et al., 2020).

É referido que durante o processo de desenvolvimento do ecossistema do projeto BEACONING identificaram a necessidade de uma aplicação pervasiva mais intuitiva para os estudantes. Os investigadores observaram que os utilizadores dão mais atenção ao ecrã que ao seu redor, sendo este o contexto principal da aprendizagem (Coelho et al., 2019, p.155). Neste sentido foi implementado uma *metáfora de radar* de modo que estejam menos atentos ao dispositivo móvel e mais ao que os rodeia, criando maior segurança e consciência dos perigos e problemas que o mundo físico lhes possa colocar. Contudo, Coelho et al. (2019) alegam que esta metáfora pode dificultar a orientação e deste modo adicionaram a funcionalidade de ver um mapa que desaparece após um período limitado de tempo (Figura 1.21).

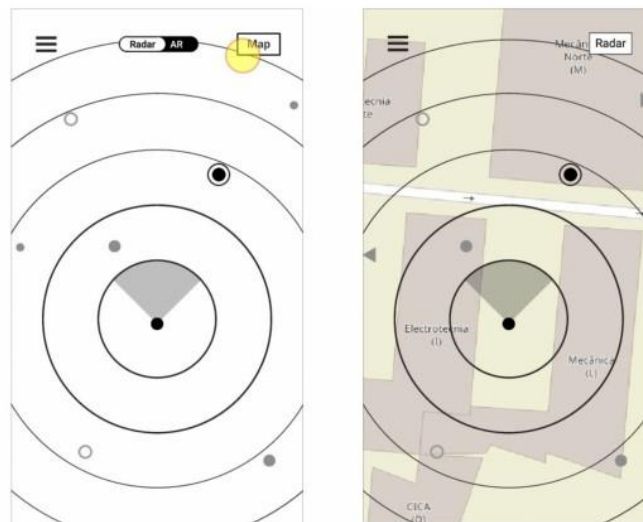


Figura 1.21: Visualização do Mapa em *Designing of a mobile app for the development of pervasive games* (Coelho et al., 2019) *pp for the development of pervasive games* (Coelho et al., 2019)

Coelho et al. (2019) apresentam como trabalho futuro a vontade de criar um novo modo de interação, usando a tecnologia da realidade aumentada, para quando um utilizador se aproximar de um ponto de interesse possa ter acesso a jogos específicos de realidade aumentada.

1.4.3 Play the Museum

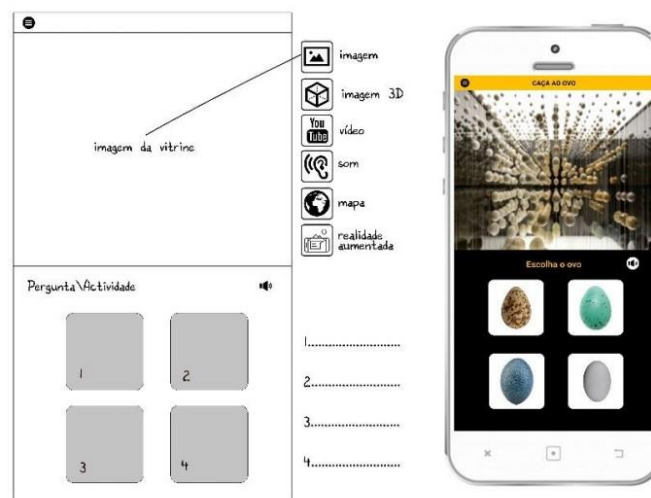


Figura 1.22: Estudos para uma das atividades no interior da Galeria da Biodiversidade (van Zeller et al., 2020) a Galeria da Biodiversidade (van Zeller et al., 2020)

Play the Museum é um projeto sobre jogos em ambientes de aprendizagem informal no contexto da Galeria da Biodiversidade (Polo do Museu de História Natural e da Ciência da Universidade do Porto). O projeto ainda em desenvolvimento tem como objetivo criar um protótipo para uma aplicação móvel que pode apoiar a visita a este espaço de forma a potencializar a aprendizagem informal com uma experiência lúdica e educativa. Este protótipo pretende servir de base para um posterior desenvolvimento da aplicação móvel por parte da equipa da Galeria da Biodiversidade (van Zeller et al., 2020).

O protótipo deste projeto trará informações valiosas sobre princípios a ter em conta para implementar este tipo de experiências. As mecânicas dos jogos devem permitir ser suficientemente flexíveis para apelar a um vasto leque de públicos e jogadores, promovendo a exploração lúdica dos artefactos do museu e o acesso a informação útil. A experiência teria de ser desenvolvida de forma pervasiva de forma a superar “problemas de alienação tecnológica” como a distração e a segurança (van Zeller et al., 2020, p. 336).

1.4.4 Mangueira Desejo

O projeto *Mangueira Desejo* é uma instalação/ intervenção que cria um ambiente de interação nas árvores mangueiras em Belém do Pará, norte do Brasil. Este projeto usa uma aplicação móvel com tecnologia de realidade aumentada para criar uma experiência onde um utilizador pode escrever um desejo numa folha colocada em realidade aumentada e adicioná-la a uma árvore mangueira (Figura 1.23). A árvore serve de recetáculo para guardar estas folhas virtuais com informação textual dos desejos dos utilizadores, podendo ser consultados a qualquer momento.

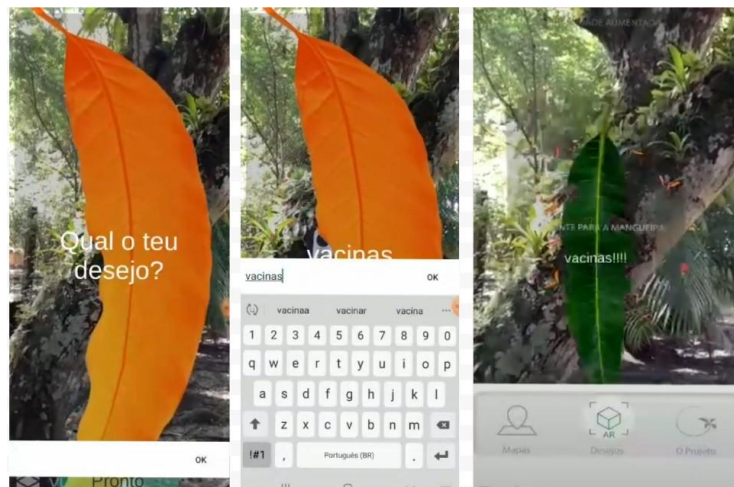


Figura 1.23: Demonstração do uso da aplicação (É criada uma folha, colocado o desejo e adicionado à nuvem e depois consultada) colocado o desejo e adicionado à nuvem e depois consultada)

Qualquer utilizador pode ver uma nuvem de desejos quando aponta o dispositivo móvel para um marcador posicionado na árvore (Figura 1.24). Esta experiência permite chamar a atenção para uma questão de acessibilidade social, ambiental e técnica.



Figura 1.24: Marcador presente na árvore Mangueira

1.4.5 Play JBT: Aplicação Móvel do Jardim Botânico Tropical de Lisboa

Play JBL é uma dissertação de mestrado em Informática na Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa (FCUL) cujo objetivo se focou no desenvolvimento de uma aplicação móvel para o Jardim Botânico Tropical de Lisboa de forma a criar interesse no espaço aos residentes de Lisboa e turistas e também promover o conhecimento dos elementos presentes.

Esta aplicação móvel integra um conjunto de percursos turísticos intitulados de “Botânico (Especialistas)”, “Histórico” e “Aves” (Postolache, 2019, p. 83), cada um com diferentes pontos de interesse que podem ser explorados através de georreferenciação. Cada percurso tem temas diferentes e está dirigido para diferentes públicos. A aplicação permite a interação com vários elementos do espaço como as plantas, os prédios e os pássaros, fornecendo informação educativa de cada um (Postolache, 2019).

2. Requisitos e Design

Considerando a primeira fase da metodologia *design based research*, nesta secção são analisados os requisitos com base no quadro teórico levantado no Capítulo 1. Primeiramente é feita uma análise do problema e requisitos necessários para o design, de seguida é feito o levantamento e requisitos das tecnologias que são relevantes para o desenvolvimento do protótipo.

2.1 Análise do Problema e Requisitos de Design

A problemática principal está associada à necessidade de promover o diálogo e interação nos espaços museológicos. Tendo como base as linhas orientadoras do projeto *Play the Museum* (van Zeller et al., 2020) focado em trazer vida e interação aos espaços museológicos, nomeadamente a Galeria da Biodiversidade da Universidade do Porto, propõe a criação de uma aplicação móvel para este espaço e dá linhas orientadoras para o seu desenvolvimento.

Sendo que este foco se alinha com a problemática a ser abordada, foram usadas as suas orientações para a criação de uma aplicação móvel que fornece uma experiência lúdica com recurso à tecnologia da realidade aumentada numa das exposições de botânica da Galeria. Esta aplicação móvel será usada como ferramenta de forma a abordar o problema. Por consequência, foi necessário entender os novos desafios que surgem ao usar tecnologias emergentes como a realidade aumentada na comunicação de ciência.

De forma a aplicação móvel abordar o problema da promoção do diálogo e interação, foi expandido um dos estudos para uma atividade de uma exposição de botânica da Galeria da Biodiversidade de van Zeller et al. apresentado na Figura 2.1. Aproveitando a potencialidade da realidade aumentada e do lúdico, pensou-se em criar uma nova forma de interagir com ela. Foi também, considerado o projeto do BEACONING mencionado na secção 1.4.2, mais precisamente a atividade intitulada de “Como se divertem as flores?” que usa georreferenciação e pontos de interesse criando uma experiência exploratória. Tendo em conta os dois projetos, foi idealizada a junção dos seus componentes, criando uma ligação do interior (Galeria da Biodiversidade) para o exterior (Jardim Botânico do Porto). Os utilizadores encontram as folhas na Galeria e depois encontram as árvores a que correspondem no Jardim. Usando

realidade aumentada, adicionámos uma nova dimensão visual à informação presente e contribuímos para a sua ludificação.

Por último, foi considerada a obra *The Participatory Museum* de Simon (2010), relativamente à criação de ferramentas que promovem a participação, tornando um ambiente em que os visitantes tomam um papel de agentes criativos, cativando aqueles que preferem criar do que apenas ver. Com base nesta obra, foi idealizado um ambiente criativo onde é possível interagir com autocolantes digitais de desenho ou folhas realistas para criar uma composição visual que pode ser partilhada ou guardada no dispositivo como uma imagem. A interação com estes autocolantes é inspirada na interação dos autocolantes da aplicação móvel *Weird Cuts* (2019) mencionada no capítulo 1.4.1.

Dessa forma e com base no quadro teórico apresentado no Capítulo 1, os requisitos idealizados para execução da aplicação móvel foram:

1. *Comunicar de forma visual*. Tomando partido da tecnologia da realidade aumentada, foi esperado que a aplicação comunicasse a informação de forma visual e cativante para os visitantes.
2. *Informação simples*. A informação apresentada na aplicação teria de ser simplificada e apelativa ao público em geral, focando-se em factos e curiosidades do objeto científico, e apresentando uma iconografia simples e clara.
3. *Design visual apelativo*. O design visual teve de apelar ao visitante, ser consistente com a identidade visual do espaço, e as funções da aplicação serem facilmente reconhecíveis.
4. *Dificuldade variada*. Considerando o equilíbrio de dificuldade de Csikszentmihalyi (2008) para um bom envolvimento, foi necessário ter vários níveis de dificuldade adaptados a um público diversificado com capacidades e competências variadas, tanto em termos de jogabilidade como de familiaridade tecnológica.
5. *Um ambiente criativo*. Permitindo colocar imagens ou desenhos das folhas das árvores numa cena virtual através da câmara usando a realidade aumentada. O utilizador pode usar esse ambiente criativo para criar composições visuais, guardar ou partilhar uma fotografia das mesmas.

2.2 Cenários de Interação de Utilizador

Nesta secção são abordados dois cenários de interação de dois utilizadores, nomeadamente um adolescente de 16 anos e um pai acompanhado pelo filho de 10 anos. Estes cenários servem como ajuda valiosa para visualizar as possíveis necessidades e motivações de diferentes tipos de utilizadores.

Cenário 1

O Jorge é um adolescente de 16 anos, estudante do ensino básico com interesse nas ciências naturais. Pela primeira vez irá ao Jardim Botânico do Porto com um amigo da mesma idade, na expectativa de ver a sua diversidade e fazer uma visita à Galeria da Biodiversidade. Irá se deparar com um cartaz à entrada do Jardim com um código QR que os levará para a *Play Store*, onde após ler sobre uma experiência lúdica na Galeria instalará a aplicação juntamente com o amigo. Passa por um ecrã de boas-vindas e ler de forma breve o seu funcionamento e percebe que a experiência se destina a uma exposição de botânica presente na Galeria da Biodiversidade. Após visitar parte do espaço, chega à exposição e lê as instruções para o desafio que lhe indica para encontrar as folhas na exposição. O seu amigo desafia-o a encontrar mais rápido que ele e ele aceita começando os dois o desafio.

O desafio começa e vê uma imagem da folha que precisam de encontrar. Após encontrar a folha correspondente, um ponto de interrogação aparece em cima da folha e ele entende que pode ser uma das folhas ele carrega num botão para iniciar o scan e acerta corretamente. Passa para um quiz e é lhe questionado o nome científico dessa folha, ele confirma o nome na vitrine da exposição e dá a resposta correta. Vê de seguida um painel com a informação da folha, ele lê de forma breve porque não quer perder ao amigo. Ele encontra todas as folhas e decide jogar de novo noutra dificuldade para obter mais pontos. Após jogar de novo, compara as pontuações com o amigo e ganha mais pontos que ele porque acertou em todas as perguntas ao atento aos nomes. Num ecrã de vitória entende que o jogo continua no Jardim Botânico do Porto e decidem seguir para o próximo desafio de forma que o amigo se possa redimir. No caminho o Jorge consulta a informação num ecrã com todas as informações das árvores das folhas que encontrou e partilha com o seu amigo as curiosidades.

No Jardim, leem as instruções e começam o desafio seguinte, separam-se e vão encontrar as árvores das folhas que encontraram na Galeria. Um mapa é apresentado com vários ícones de árvores nas suas respetivas localizações ele dirige-se a uma e é notificado da sua proximidade

à árvore mais próxima, por texto (abaixo do mapa) e pela vibração do dispositivo móvel. Ele chega muito perto de uma árvore e coleciona o autocolante digital da folha da árvore que encontrou e passa para a seguinte. Ele encontra todas as outras árvores e encontra-se com o amigo. Através da aplicação percebem são notificados no último painel do desafio da existência de um ambiente criativo.

Tem disponível, ao início, um tutorial breve, clica num dos ícones dos autocolantes digitais das folhas e este é colocado no mundo real através de realidade aumentada. O seu amigo pede-lhe para lhe tirar uma fotografia com coroa de folhas e ele aceita. Ele roda, posiciona e coloca e apaga os autocolantes digitais até estar satisfeito. Ele tira uma fotografia com a coroa de folhas e guarda a imagem no dispositivo móvel e partilha numa história no Instagram. Em cada ele consulta árvores que encontrou e pesquisa na internet informações mais detalhadas.

Cenário 2

O Carlos tem 37 anos e é pai de dois filhos, um rapaz de 10 anos e uma rapariga de 13 anos. Ele leva os seus filhos ao à Galeria da Biodiversidade no Jardim Botânico do Porto de forma a promover a sua educação e a passar uma boa tarde juntos. Ao chegar à Galeria, são abordados por um colaborador que lhe informa da presença de uma aplicação móvel que fornece uma experiência lúdica e educativa numa das exposições da Galeria. Ele instala a aplicação, lê brevemente as instruções e ao chegar à exposição começa o desafio no modo mais fácil e dá o dispositivo móvel à sua filha. Para o Carlos a cooperação dos seus filhos é importante, por isso incentiva-os a encontrar juntos as folhas. Enquanto os seus filhos tentam encontrar as folhas ele vai ajudando quando se sentem mais perdidos ou não chegarem às folhas na vitrine e quando acertam numa das folhas ele lê a informação de modo que eles aprendam o que estão a ver. Levados com entusiasmo, eles jogam de novo. Entretanto o filho pergunta se podem apanhar as folhas lá fora e o Jorge percebe que a aplicação possui um desafio no exterior e decide continuar para o próximo desafio. Depois de acabar a visita, ele coloca no ecrã do desafio do Jardim e lê as instruções juntamente com os seus filhos e propõem que mais uma vez encontrem as árvores juntos enquanto passeiam pelo jardim. Um mapa é lhes apresentado com vários ícones de árvores nas suas respetivas localizações, eles dirigem-se a uma e são notificados da sua proximidade à árvore mais próxima, por texto (abaixo do mapa) e pela vibração do dispositivo móvel. Eles chegam muito perto de uma árvore e colecionam o autocolante digital da folha da árvore que encontrou e passam para a seguinte. Ao encontrarem todas ele percebe que pode agora aceder a um ambiente criativo. Após um breve tutorial ele tenta interagir e

percebe que coloca folhas quando clica num ícone. Ele mostra aos filhos e eles propõem que lhe tire uma fotografia com as suas folhas favoritas para mandar à mãe. O Jorge cria uma composição visual com os filhos e as folhas, tira fotografia, mostra aos seus filhos e envia.

2.3 Funcionalidades

Após terem sido pensados os cenários foram então descritas as funcionalidades que constaram na implementação da aplicação móvel. Como referido na secção 2.1 da análise do problema, algumas das funcionalidades usam como base as linhas orientadoras do projeto *Play the museum: um projeto sobre jogos em ambientes de aprendizagem informal na galeria da biodiversidade* (van Zeller et al., 2020), as funcionalidades da atividade intitulada de “Como se divertem as flores?” do projeto BEACONING e da interação na aplicação *Weird Cuts* (2010) para um ambiente criativo de realidade aumentada.



Figura 2.1: Exposição de botânica intitulada de *Diversidade das Cores* na Galeria da Biodiversidade

O primeiro desafio é jogado na Galeria da Biodiversidade numa exposição de botânica intitulada de *Diversidade das Cores* (Figura 2.1). Esta exposição apresenta em cada um dos seus quatro módulos, 64 folhas de árvores com informações do seu nome científico e nome comum em português e inglês.



Figura 2.2: Vitrine presente na exposição de botânica intitulada de *Diversidade das Cores* na Galeria da Biodiversidade

Funcionalidades do primeiro desafio. O utilizador é convidado a encontrar um certo número de folhas, usa realidade aumentada para comparar e verificar se encontrou a folha proposta. Após encontrar irá confirmar com um botão e será desafiado o seu conhecimento com um *quiz* onde pergunta o nome científico da folha que encontrou. Encontrar a folha e responder ao *quiz* corretamente atribui pontos e desbloqueia a informação num ecrã separado chamado herbário.

Com esta funcionalidade é esperado que a aplicação móvel melhore a experiência na visita à exposição ao adicionar elementos lúdicos como pontuação, feedback visual, colecionismo e o uso de realidade aumentada de modo a obter um feedback visual das suas ações.

De forma a motivar e expandir a experiência aos visitantes. A aplicação móvel contém mais um desafio, tomando lugar no Jardim Botânico do Porto que circunda a Galeria da Biodiversidade. O Jardim contém uma ampla diversidade e flora, que inclui as árvores correspondentes de algumas folhas presentes na exposição de botânica da Galeria.

Funcionalidades do segundo desafio. Este desafio, conta com uma junção de metáfora de radar com um mapa do Jardim Botânico do Porto onde o utilizador pode encontrar as árvores

correspondentes às folhas que encontrou na galeria. Para as encontrar terá de se aproximar de pontos de interesse caracterizados por ícones de árvores no mapa. Quando estiver perto suficiente, um alerta háptico e textual irá notificá-lo da sua proximidade à mesma. Ao chegar perto da árvore, irá ser marcada como encontrada e desbloqueia um autocolante digital, da folha correspondente destinado ao ambiente criativo.

Tendo em conta a obra *The Participatory Museum* de Simon (2010) como referido na secção 2.1, foi pensado a criação de um ambiente criativo de realidade aumentada, de forma a fornecer um ambiente em que os visitantes tomam um papel de agentes criativos e promova o diálogo através do uso dos artefactos da Galeria.

Funcionalidades do Ambiente Criativo. Neste ambiente o visitante pode interagir com autocolantes digitais, mais concretamente, imagens das folhas das árvores ou desenhos delas. Usando a transmissão da câmara pode colocar e posicionar esses autocolantes no mundo real e criar composições visuais que possam ser guardadas ou partilhadas posteriormente.

Tendo consciência que o utilizador interage com representações dos artefactos presentes na exposição de botânica ao longo de todos os desafios e sendo a aplicação móvel uma ferramenta de comunicação de ciência, torna-se importante a criação de um espaço dedicado para colecionar, guardar e consultar informações sobre eles. Nesse sentido foi criado um ecrã chamado Herbário.

Funcionalidades do Herbário. No Herbário serão consultadas as informações de todas as folhas que o visitante encontrar e interagir. A informação é apresentada de forma simples e complementada com curiosidades e gráficos apelativos. De forma a valorizar o que é consultado e promover o colecionismo, a informação só é apresentada após ter sido encontrada no primeiro desafio, caso contrário estará bloqueada.

2.4 Arquitetura da Informação e Navegação

Nesta secção é apresentada a arquitetura de informação e navegação planeada para a aplicação móvel. A arquitetura da informação trata-se da organização, estruturação e rotulagem da informação de forma eficiente e a longo prazo. A ideia é facilitar aos utilizadores o acesso à informação. Para tal, é necessário compreender primeiro como as peças se encaixam de forma a criar uma imagem maior, bem como como os vários elementos dentro do sistema interagem uns com os outros.

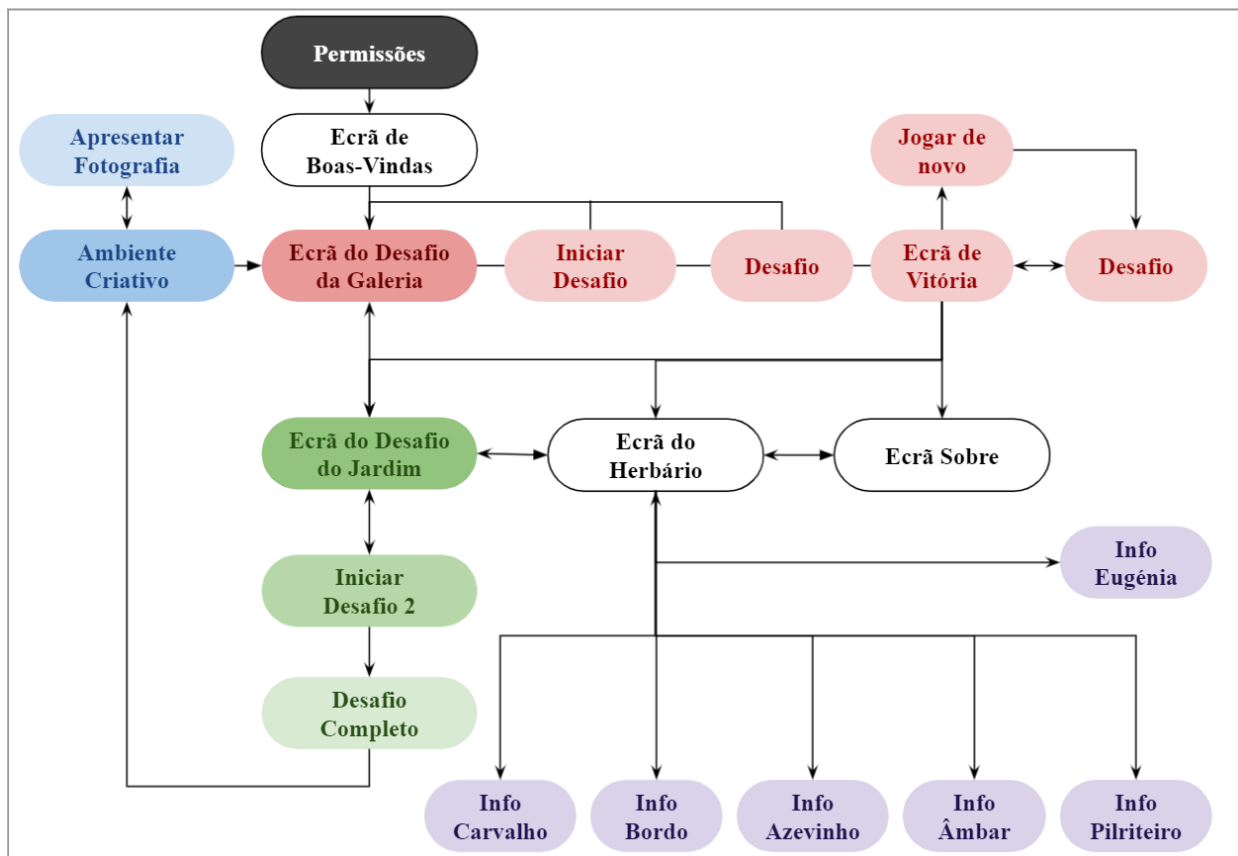


Figura 2.3: Arquitetura da informação da aplicação móvel Flo[RA]

Antes do ecrã de Boas-Vindas o utilizador começa por aceitar as permissões relativas ao acesso à câmara e ao GPS do dispositivo móvel. No ecrã de Boas-Vindas o utilizador pode navegar entre quatro painéis que dão uma ideia geral da aplicação no início aos utilizadores. Este painel apenas aparece a primeira vez que o utilizador instala a aplicação. Ao chegar ao quarto painel o utilizador é redirecionado para o ecrã do desafio da Galeria (Figura 2.4).

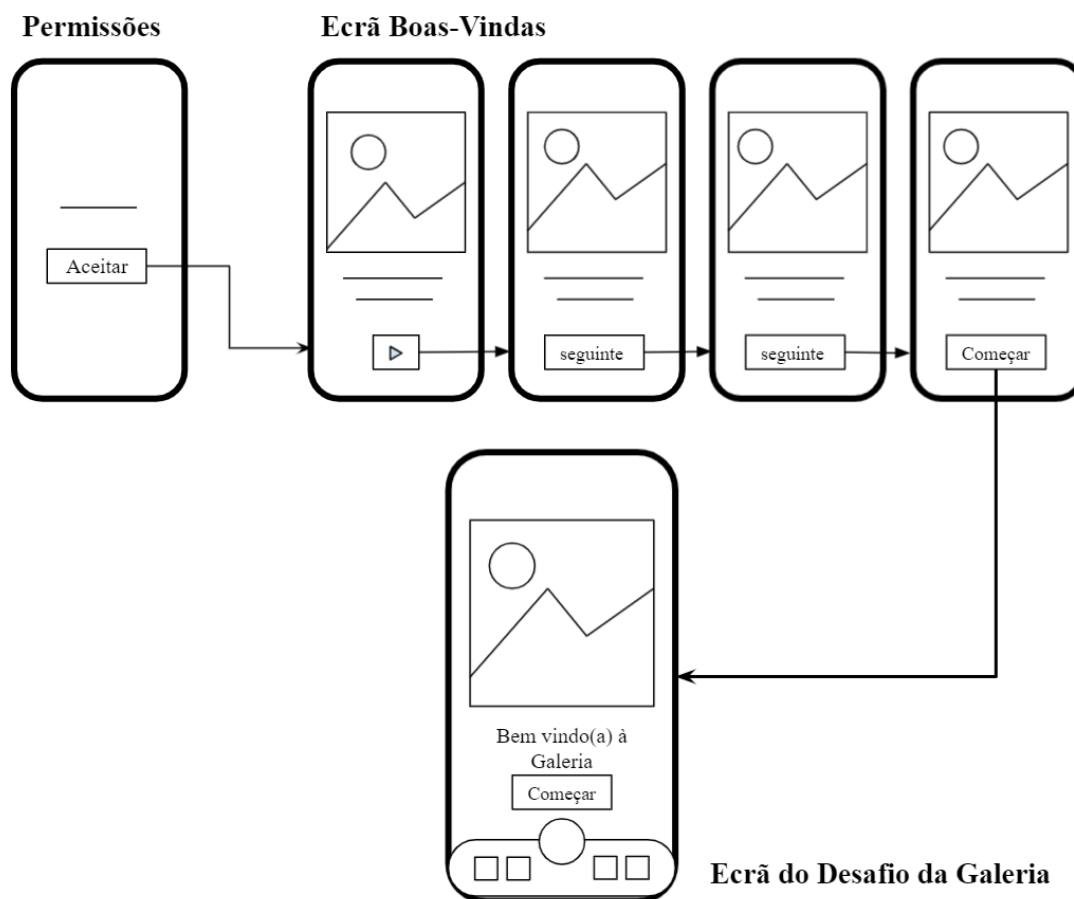


Figura 2.4: Arquitetura da navegação das Permissões ao ecrã de Boas-Vindas

Relativamente à barra de navegação presente na aplicação, esta permite ao utilizador navegar entre os dois desafios, o ecrã do herbário e o sobre. No botão central permite o utilizador navegar até ao ambiente criativo de realidade aumentada, contudo apenas é acessível quando ele encontrar pelo menos uma árvore (idealmente completar o segundo desafio no Jardim). Este painel pode ser acedido na maior parte dos ecrãs, exceto quando o utilizador está a meio de um desafio ou no ambiente criativo, de modo a não criar confusão e se perca (Figura 2.5).

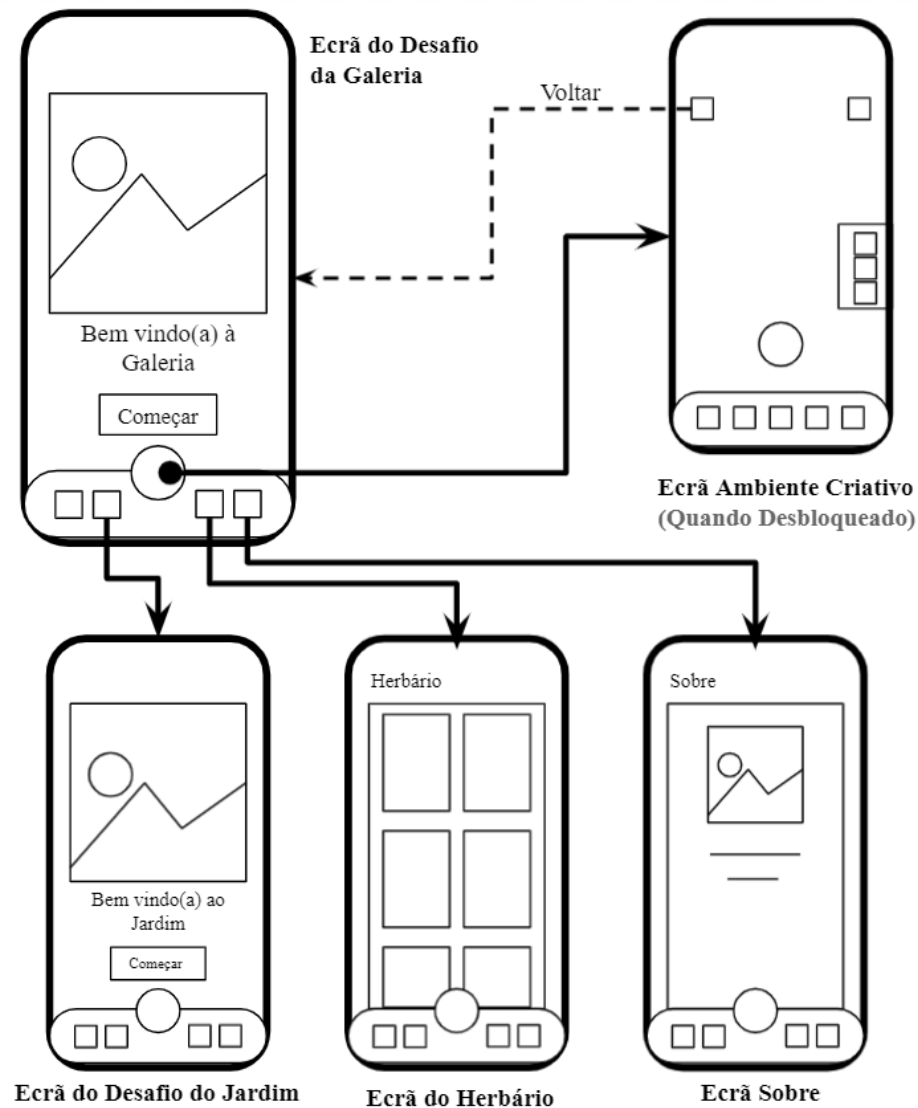


Figura 2.5: Arquitetura da navegação da Barra de Navegação

A navegação pelo primeiro desafio na Galeria inicia quando o utilizador a premir o botão *Começar*, de seguida escolhe uma dificuldade e entra no desafio automaticamente (Figura 2.6). Quando o utilizador encontra corretamente uma folha é apresentado um *quiz*. Ao escolher uma resposta, irá aparecer um painel modal com a informação da árvore a que a folha encontrada pertence, o utilizador pode fechar o painel num botão central ou deslizar para baixo. Após o utilizador encontrar 3 folhas ele poderá jogar de novo e encontrar mais 3. No ecrã de vitória o utilizador pode seguir para o próximo desafio ou consultar a informação no herbário (Figura 2.6).

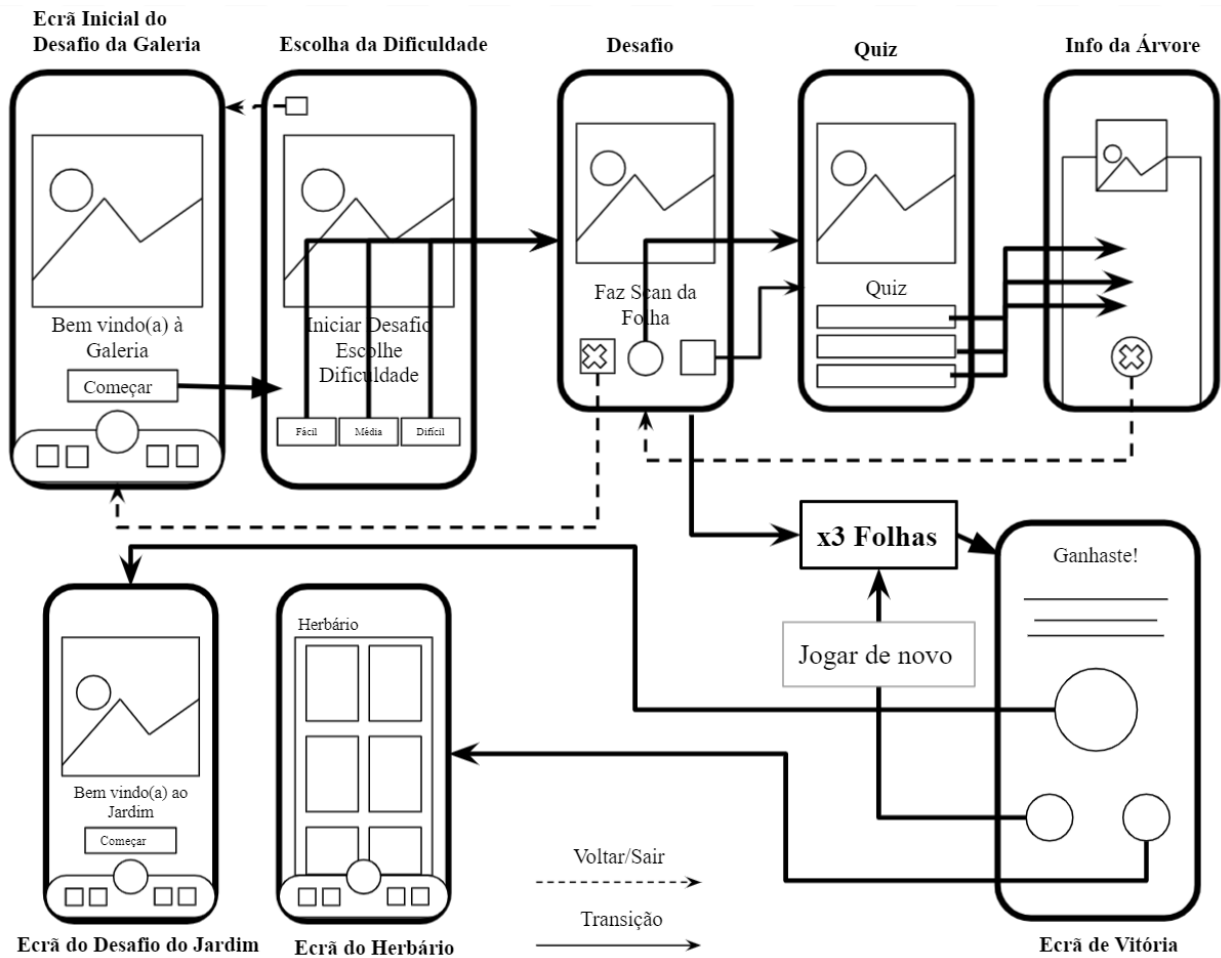


Figura 2.6: Arquitetura da navegação do primeiro desafio na Galeria da Biodiversidade

A navegação pelo segundo desafio no Jardim inicia quando o utilizador a premir o botão *Começar* (Figura 2.7) e é levado às instruções. Após ler as instruções, pode premir de novo outro botão e será apresentado um painel com mapa. O utilizador pode premir os ícones das árvores no mapa para rever a informação sobre elas. Quando o utilizador se aproxima o suficiente da árvore um painel modal irá aparecer ao qual o utilizador poderá fechar e prosseguir para a próxima árvore até as encontrar todas. No painel final, o utilizador é convidado a abrir o ecrã do ambiente criativo de realidade aumentada (Figura 2.7).

2.5 Interface: Estudos Preliminares de Baixa Fidelidade

Tendo conta as funcionalidades, foram realizados estudos de baixa fidelidade de modo a ter uma ideia de como seria a interface e facilmente reiterar para fazer face às possíveis necessidades dos utilizadores. Estes permitiram obter uma opinião preliminar das funcionalidades e interação da aplicação por parte da equipa.

2.5.1 Ecrã de Boas-Vindas

Nos primeiros *wireframes* (Figura 2.9), foi pensado no que seria o ecrã de boas-vindas da aplicação, onde o utilizador iria ter o primeiro contacto e uma ideia de que aplicação se trata e da interação da mesma.

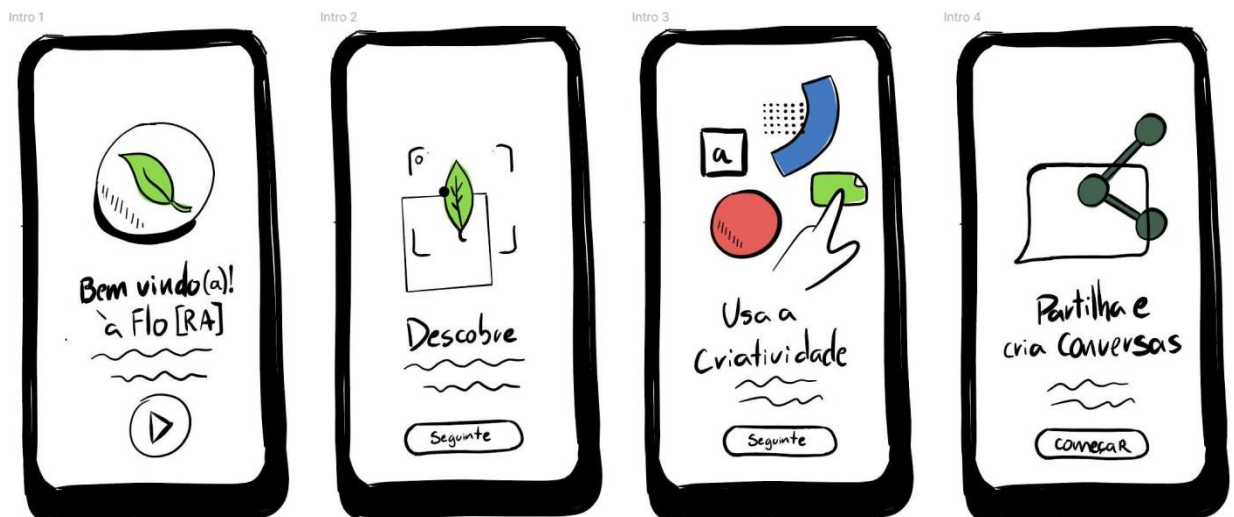


Figura 2.9: Wireframe dos ecrãs de boas-vindas da aplicação

2.5.2 Ecrã Fora dos Espaços e Barra de Navegação

No ecrã presente na Figura 2.10 foi pensado apresentar inicialmente um ecrã diferente a seguir ao ecrã de boas-vindas, mediante a localização do utilizador. Este ecrã apareceria caso o utilizador não estivesse nem na Galeria da Biodiversidade, nem no Jardim Botânico do Porto, informando-o da localização do espaço para poder começar a experiência, abrindo um link para o *Google Maps*.³²

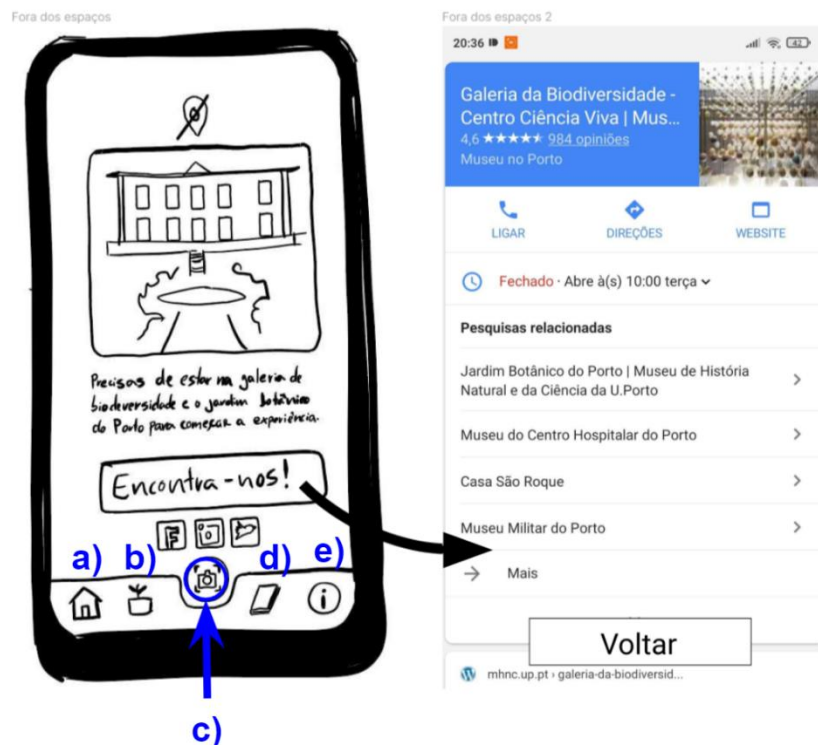


Figura 2.10: Wireframe do ecrã apresentado quando o utilizador não estaria presente nos espaços pretendidos

Adicionalmente, na Figura 2.10 apresenta uma barra de navegação com alguns ícones. O ícone (a) permite ao utilizador voltar ao ecrã inicial, que neste caso iria para o ecrã correspondente à sua localização. O ícone (b) representa e leva o utilizador ao ecrã do jardim da diversão. O ícone central (c) representa e leva o utilizador ao ambiente criativo de realidade aumentada. O ícone (d) representa e leva o utilizador ao ecrã do herbário e o ícone (e) representa e leva o utilizador ao ecrã sobre.

³² Esta ideia acabou por não se materializar na versão final devido a constrangimentos de tempo.

2.5.3 Ecrã do Jardim da Diversão

A Figura 2.11 mostra o ecrã do *jardim da diversão* era um dos possíveis minijogos que foi pensado para este ecrã. No *jardim da diversão* o utilizador poderia jogar alguns minijogos que complementam posteriormente os dois desafios principais da aplicação. Um desses minijogos apresentado na Figura 2.11, é inspirado no jogo surrealista cadáver esquisito e aplica-o às folhas que o utilizador encontra na Galeria da Biodiversidade.

No segundo minijogo, com o nome de *estufa da criação imaginária*, o utilizador poderia ter uma estufa onde poderia colocar uma das sementes das árvores que encontrou no Jardim Botânico do Porto e criar um *bonsai* dessa árvore. O utilizador teria que cuidar regularmente do *bonsai* e iria poder falar com ele, obtendo mais informações da árvore como curiosidades, onde gosta de viver, se prefere o frio ou calor, mais ou menos água ou sol e como ela muda durante as estações. A árvore teria animações, reagiria ao tempo e possivelmente à luz presente. Esta ideia não se materializou na versão final devido a constrangimentos de tempo no desenvolvimento.

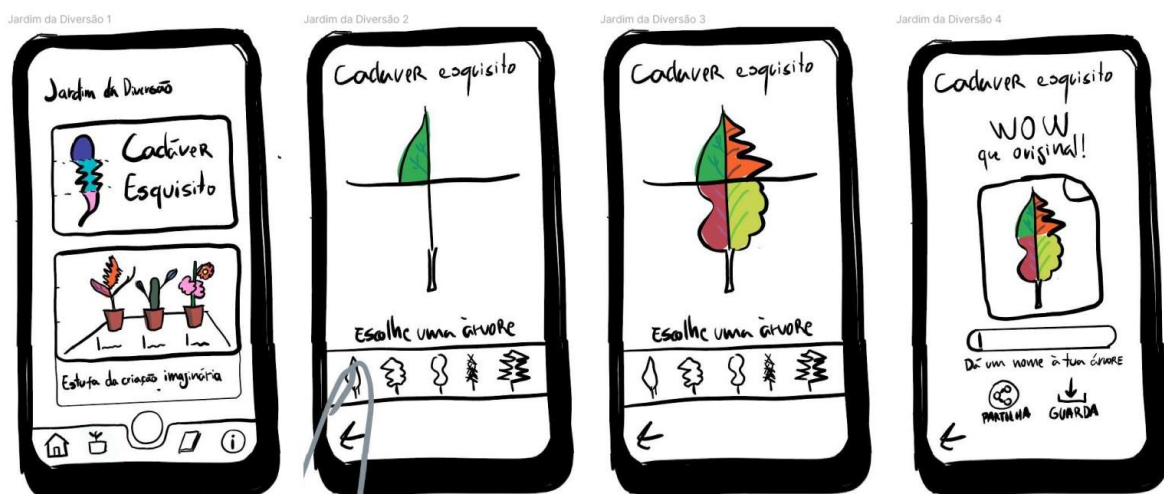


Figura 2.11: Wireframe do jardim da diversão

2.5.4 Ecrã do Herbário e Sobre

A Figura 2.12 mostra o ecrã do Herbário e Sobre. No ecrã do Herbário contém toda a informação dos objetos do jogo, seja informação científica ou o estado da coleção. O utilizador poderá carregar num dos autocolantes com o ícone da folha que desbloqueou e um painel *modal* irá sobrepor-se e apresentar a informação da árvore a que a folha corresponde.

A informação que pensamos apresentar foi:

- Nome comum e científico;
- Nome da Família a que pertence;
- Barra de escala de necessidade relativo ao sol e à água;
- Altura, tempo de crescimento até idade adulta, fruto, tempo de vida aproximado
- Resistência ao calor e ao frio
- Localização geográfica e *habitat*

Para além desta informação, inicialmente foi pensado colocar um modelo 3D da árvore que permitisse ser animada e manipulada a sua rotação no eixo vertical. Um botão abaixo da do painel permitiria ao utilizador colocar essa árvore em realidade aumentada, permitindo ter melhor noção da sua escala e detalhe.

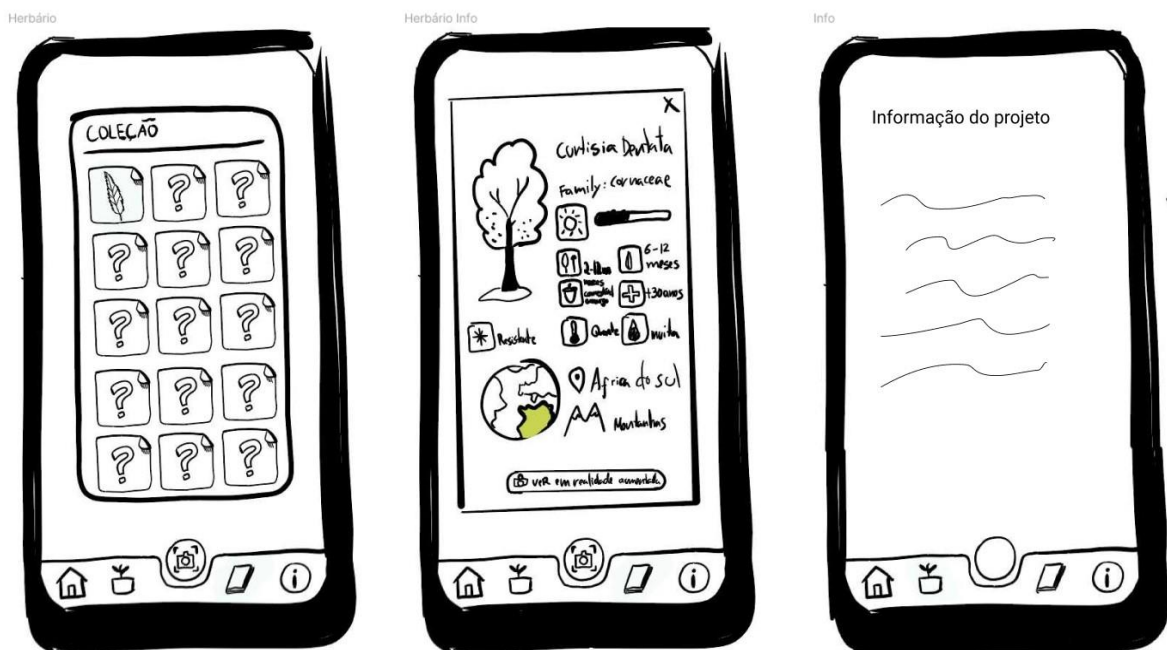


Figura 2.12: Wireframe do ecrã do Herbário e Sobre

2.5.5 Ecrã do Ambiente Criativo

A Figura 2.13 mostra o ecrã do ambiente criativo de realidade aumentada. Este ambiente foi pensado como um espaço onde o utilizador poderá expressar a sua criatividade e interagir diretamente com o objeto científico em realidade aumentada. Não só o relembrando do nome do mesmo cada vez que é interagido, mas possibilitando a partilha, através de uma composição visual ao qual se espera que crie um sentido de personalização e pertença do objeto científico. O utilizador poderá clicar ou arrastar um dos ícones dos autocolantes digitais na barra de navegação superior e uma imagem das folhas de árvore irá ser colocada numa cena virtual sobreposta ao mundo real através da câmara, efetivamente em realidade aumentada. Depois de criar a sua composição visual, este poderá tirar uma foto e partilhá-la ou guardá-la no dispositivo. Este ambiente estará disponível apenas depois de pelo menos uma das árvores ter sido encontrada no segundo desafio presente no Jardim Botânico do Porto.

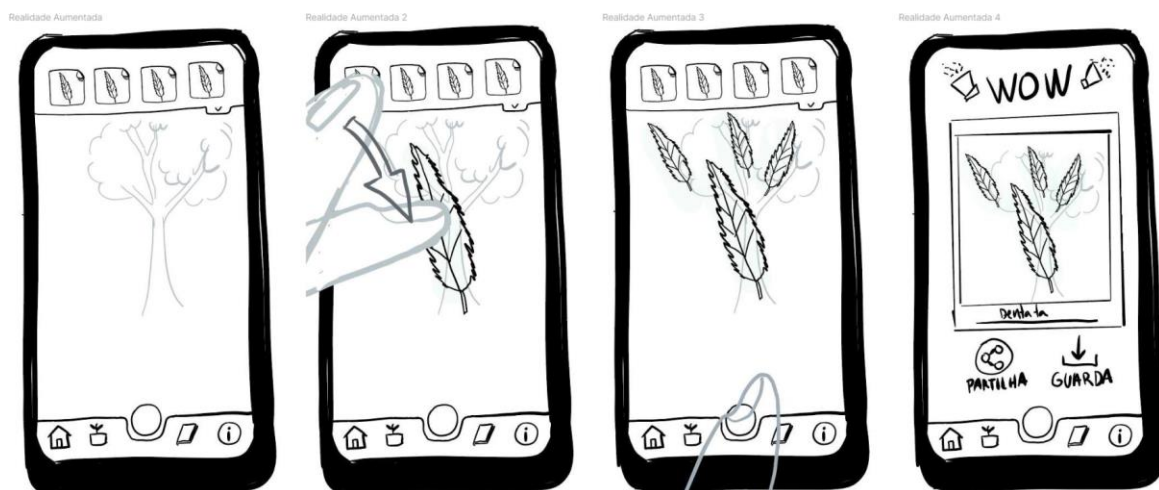


Figura 2.13: Wireframe do ambiente criativo de realidade aumentada

2.5.6 Ecrã do Desafio na Galeria da Biodiversidade

Na Figura 2.14 mostra o ecrã³³ de boas-vindas à Galeria da Biodiversidade e um botão a chamar à ação de modo a começar o primeiro desafio presente neste espaço. Ao carregar no botão *Começar*, o utilizador transitará para um ecrã onde lhe serão apresentadas as instruções do desafio. Ele escolhe uma dificuldade e carrega num botão para jogar. Uma imagem da folha de

³³ Idealmente, ao utilizador seria mostrado este ecrã se ele estiver localizado na Galeria da Biodiversidade.

árvore é sobreposta sobre a uma transmissão da câmara. Após encontrar a folha nas vitrines da exposição, carrega num botão como se tirasse uma fotografia e seguirá para um quiz. Ao responder corretamente ao quiz segue para a próxima folha. Cada vez que deteta e responde corretamente ganha tempo (este inicialmente foi pensado servir de pontuação e poderia ser gasto para encontrar as árvores no desafio seguinte).

Quando encontra todas as folhas aparece um ecrã de vitória com o tempo ganho e uma espécie de carrossel, onde ao deslizar o utilizador pode consultar as folhas colecionadas e ver as informações sobre elas. O utilizador pode continuar para o próximo desafio carregando no botão com uma lupa no último painel da Figura 2.14.

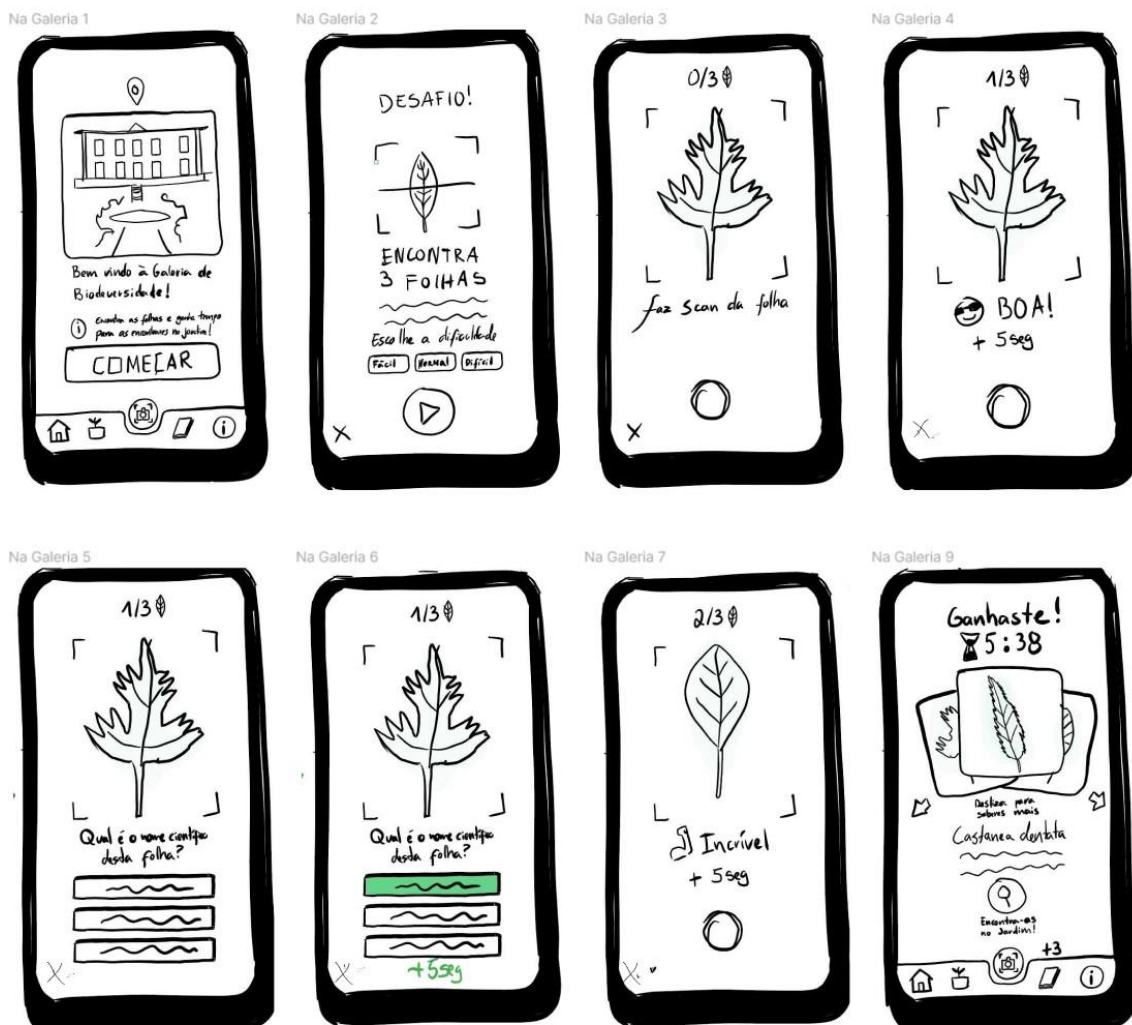


Figura 2.14: Wireframe do ecrã de boas-vindas à Galeria da Biodiversidade e o primeiro desafio

2.5.7 Ecrã do Desafio no Jardim Botânico do Porto

A Figura 2.15 mostra o ecrã do segundo desafio da aplicação, presente no Jardim Botânico do Porto. O utilizador carrega no botão *Começar*, seguidamente é apresentado uma breve descrição no qual pode carregar num botão para iniciar o desafio. Dois ícones permitem mudar o alerta de proximidade das árvores. O ícone (a) para ligar/desligar o som e o ícone (c) para ligar/desligar o *feedback* háptico. Após chegar perto, o utilizador coleciona a folha da árvore e uma animação demonstra ela a entrar no livro do Herbário. No último painel da Figura 2.15, é sugerido ao utilizador ir para o ecrã do Herbário carregando no ícone (d).

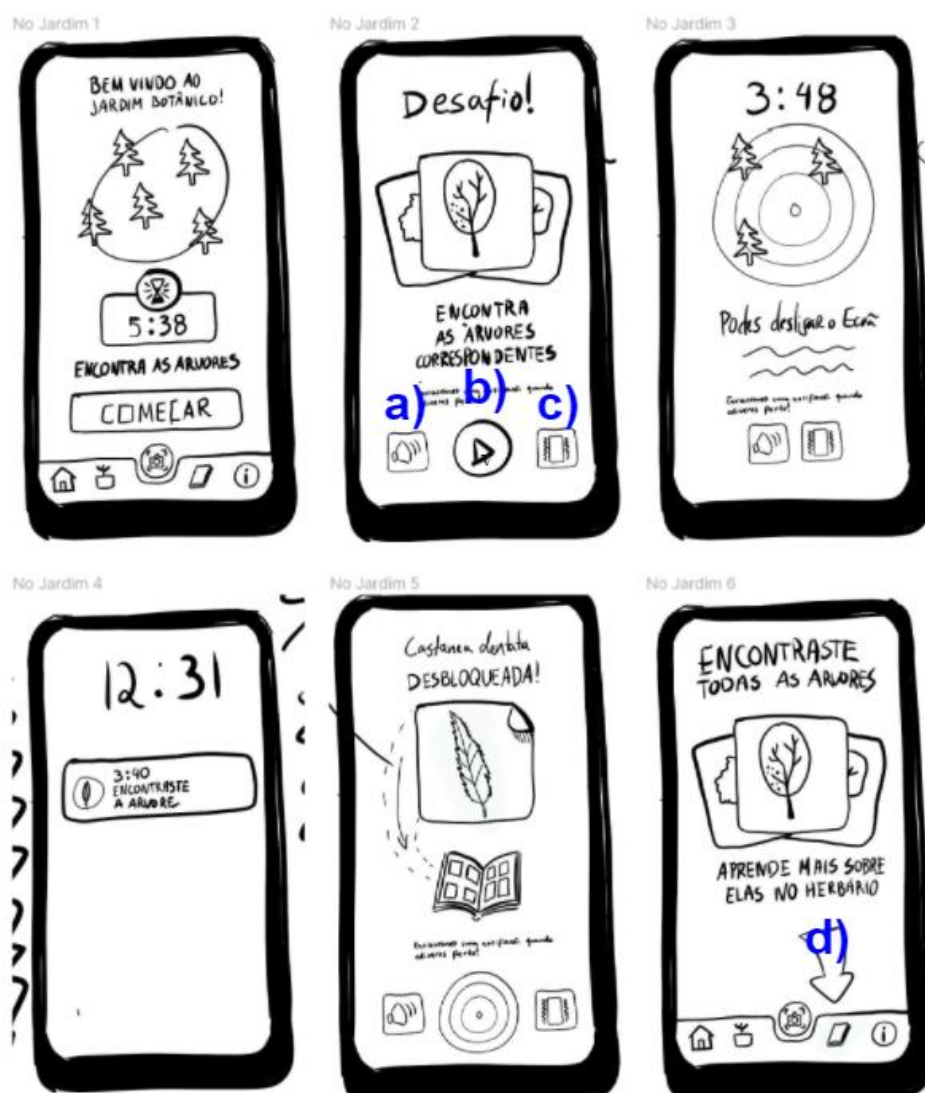


Figura 2.15: Wireframe do ecrã de boas-vindas ao Jardim Botânico do Porto e segundo desafio.

2.6 Interface: Estudos de Alta Fidelidade

Após terem sido aprovados os *wireframes* pela equipa, foram realizados estudos de alta-fidelidade de forma a obter opinião sobre o design de interface, ilustrações criadas e consistência visual. Estes estudos também serviram para poderem ser usados pelo programador, tendo a possibilidade de exportar cada um dos elementos gráficos e colocá-los no protótipo funcional.

2.6.1 Elementos Gráficos

Nesta versão foram estipuladas as fontes, cores e estipulados os elementos gráficos a serem usados. Em relação à paleta de cores predominante, foram escolhidas algumas tonalidades de verde (cor predominante no Jardim Botânico do Porto) e um vermelho-claro (cor das paredes da Galeria da Biodiversidade e muro que envolve o jardim). Na Figura 2.16 são apresentados alguns dos elementos gráficos que foram desenvolvidos. Estes foram dispostos de modo a serem reutilizados, modificados e facilmente exportados.

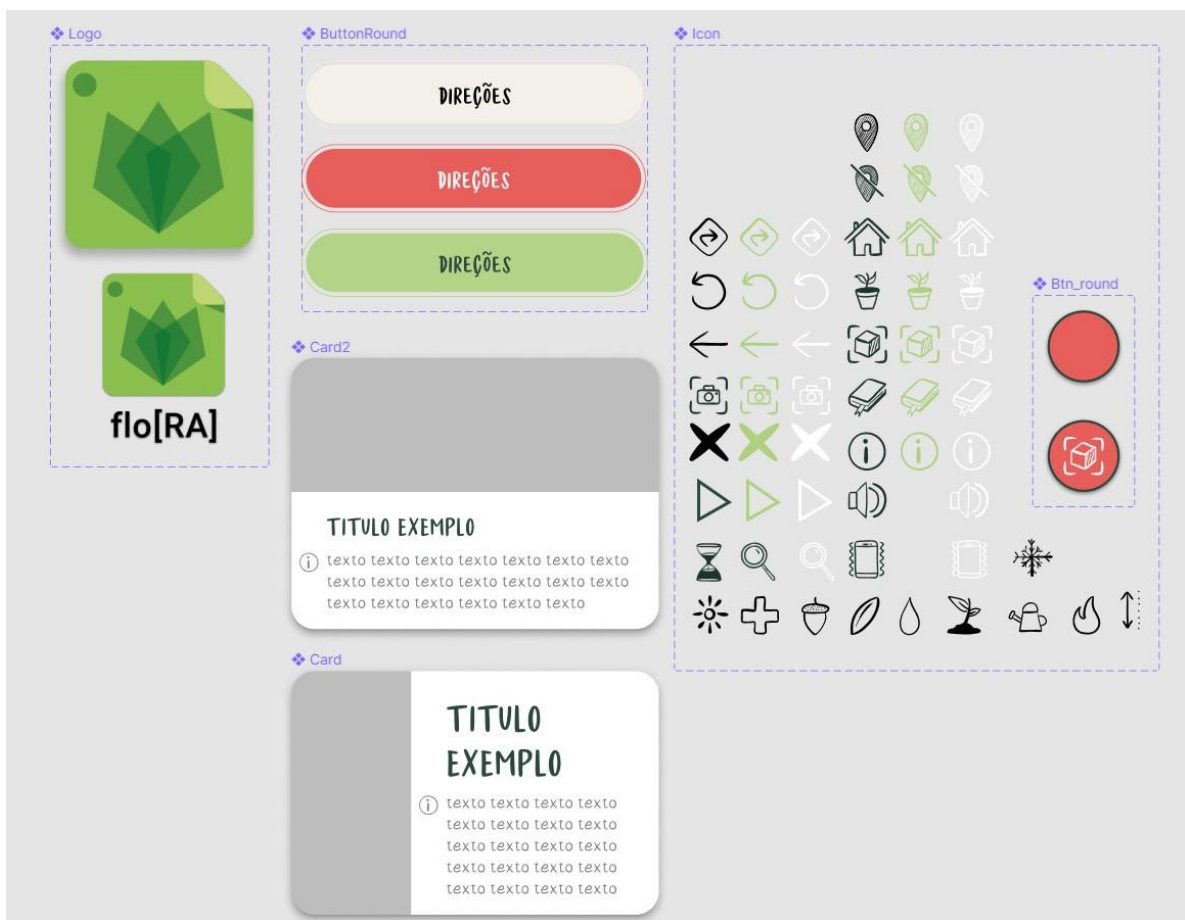


Figura 2.16: Elementos gráficos do protótipo de alta-fidelidade

Após terem sido feito os *wireframes* e após a recolha de opinião da equipa foi pensado ser relevante usar fontes e elementos gráficos mais de um estilo mais desenhado, complementando o teor mais orgânico da flora com um design igualmente orgânico. Para obter esse resultado e para criar um design único foi modificada³⁴ a fonte tipográfica existente chamada *FelichiyaCollectionSansBold* e criadas fontes de texto de raiz intituladas de *DoaresScript*, usando o *website Calligraphr*,³⁵ que fornece um PDF com uma grelha para serem desenhadas todas as letras.

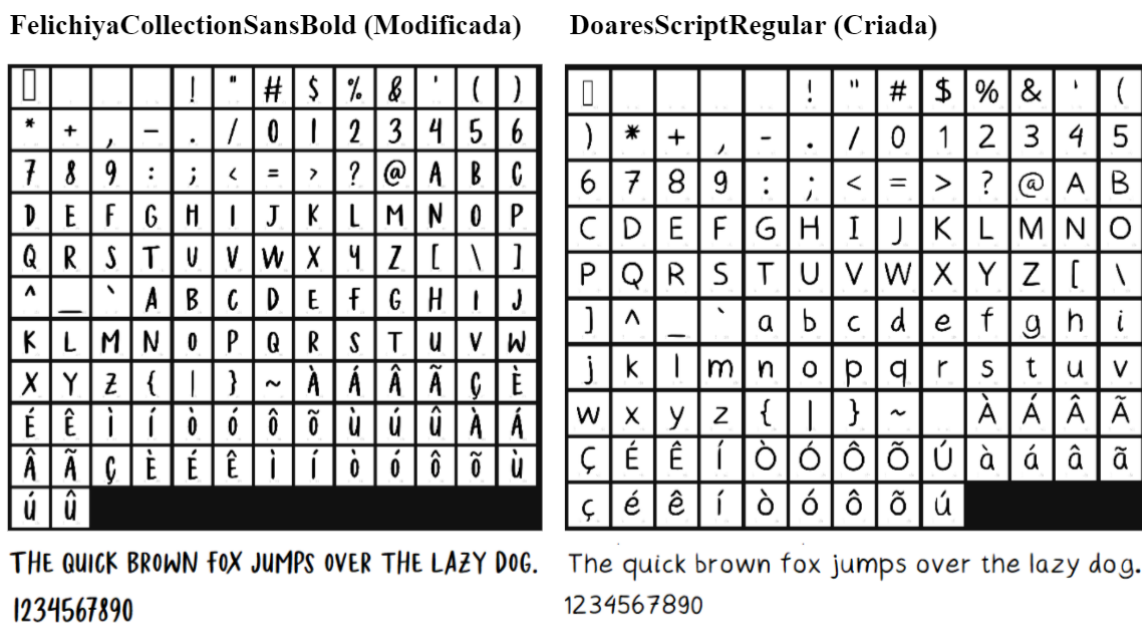


Figura 2.17: Apresentação da fonte tipográfica modificada (à esquerda) e fonte criada (à direita)

As fontes criadas foram desenhadas na aplicação *Concepts*³⁶ e exportadas de novo para o website que automaticamente deteta e produz um ficheiro de fonte que pode ser instalada no computador e no motor de jogo. Correções adicionais às fontes criadas e modificação da fonte *FelichiyaCollectionSansBold* foram feitas no *software* livre *FontForge*.³⁷ Os elementos gráficos foram criados tanto na aplicação *Concepts* como no *Figma*.³⁸

³⁴ Modificado no sentido de adicionar acentos e cedilha à fonte existente.

³⁵ *Calligraphr - Draw your own fonts*. Consultado a 30 Junho de 2021 em <https://www.calligraphr.com/en/>

³⁶ *Concepts App • Infinite, Flexible Sketching* Consultado a 30 Junho de 2021 em <https://concepts.app/en-gb/>

³⁷ *FontForge Open Source Font Editor* Consultado a 30 Junho de 2021 em <https://fontforge.org/en-US/>

³⁸ *Figma: the collaborative interface design tool*. Consultado a 21 de Junho de 2021 em <https://www.figma.com/>

2.6.2 Ecrã de Boas-Vindas

Nos estudos de alta-fidelidade, o design do ecrã de Boas-Vindas foi redesenhado usando combinação de verde um gradiente laranja. Este é o único caso de uso de gradientes nas ilustrações da aplicação, servindo apenas o propósito de chamar a atenção no início. As ilustrações remetem para a natureza e tentam dar uma ideia de autocolantes (Figura 2.18).

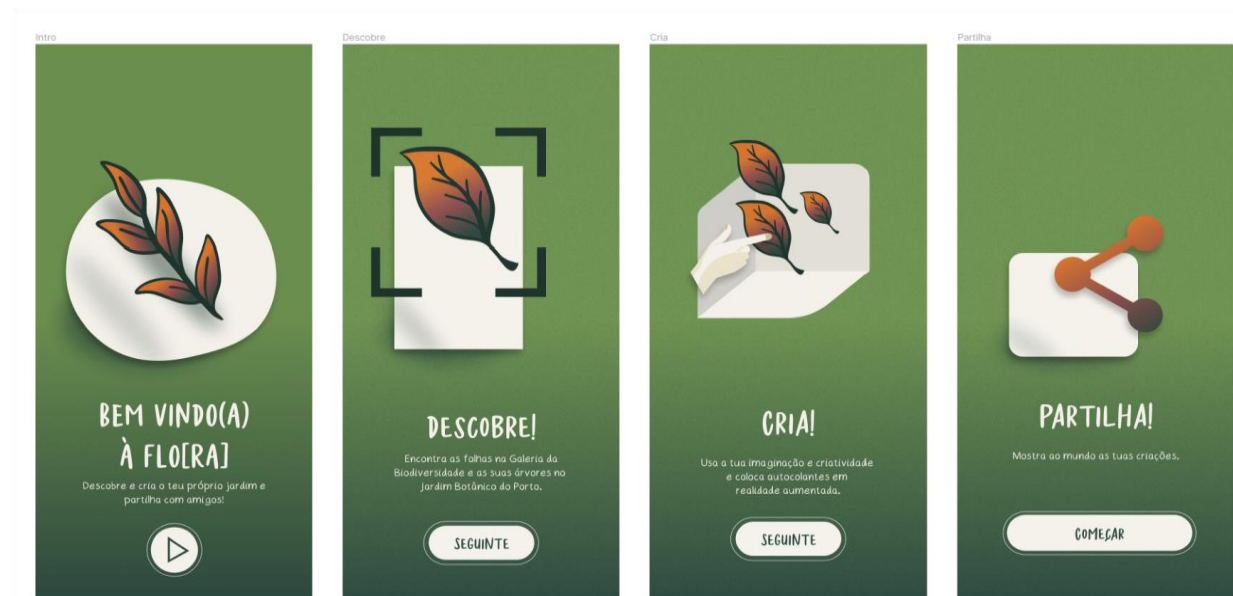


Figura 2.18: Protótipo de alta-fidelidade do ecrã de boas-vindas da aplicação

2.6.3 Ecrã do Herbário e Sobre

A Figura 2.19 mostra uma versão mais finalizada do ecrã do Herbário e Sobre. Foi adicionado o título do ecrã (a) em que está o utilizador, um botão de voltar (b) e preparado os ícones para as folhas.

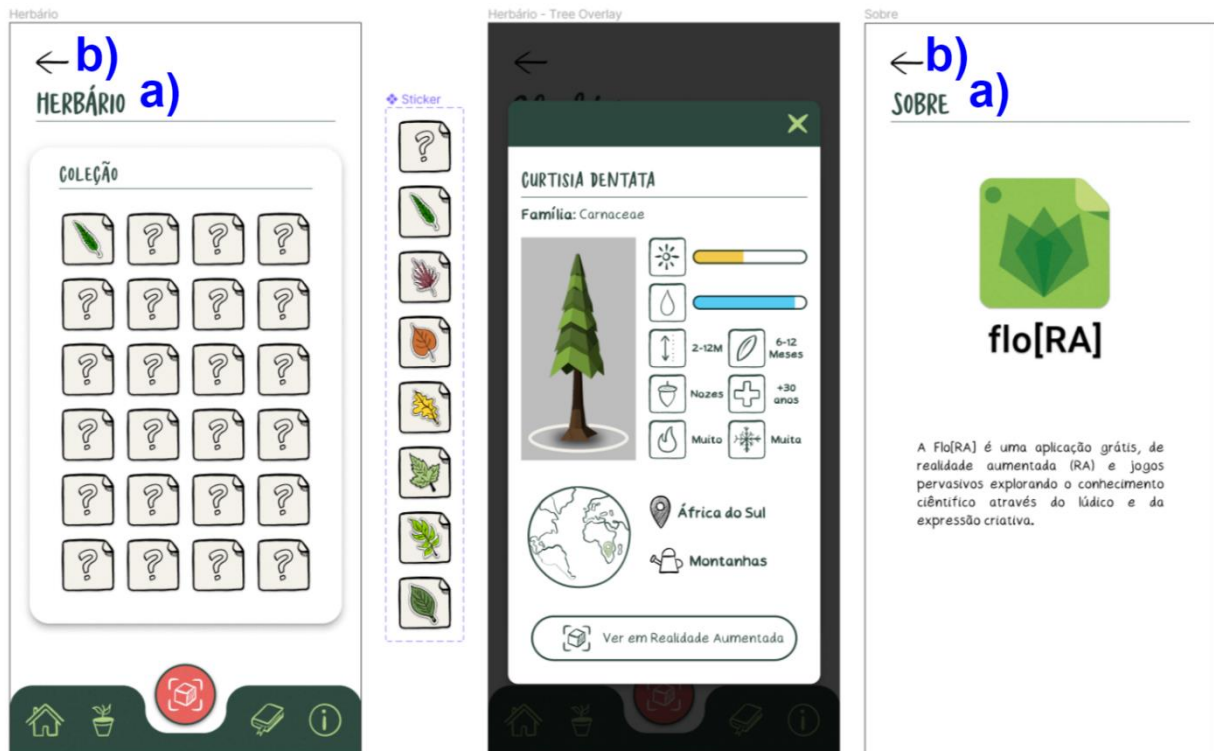


Figura 2.19: Protótipo de alta-fidelidade ecrã do Herbário e Sobre

2.6.4 Ecrã do Ambiente Criativo

A Figura 2.20 mostra uma nova versão do ambiente criativo de realidade aumentada onde foi incluído um tutorial de interação com as folhas. Foi pensado obter uma interação 2D com as folhas de modo a facilitar a sua colocação.

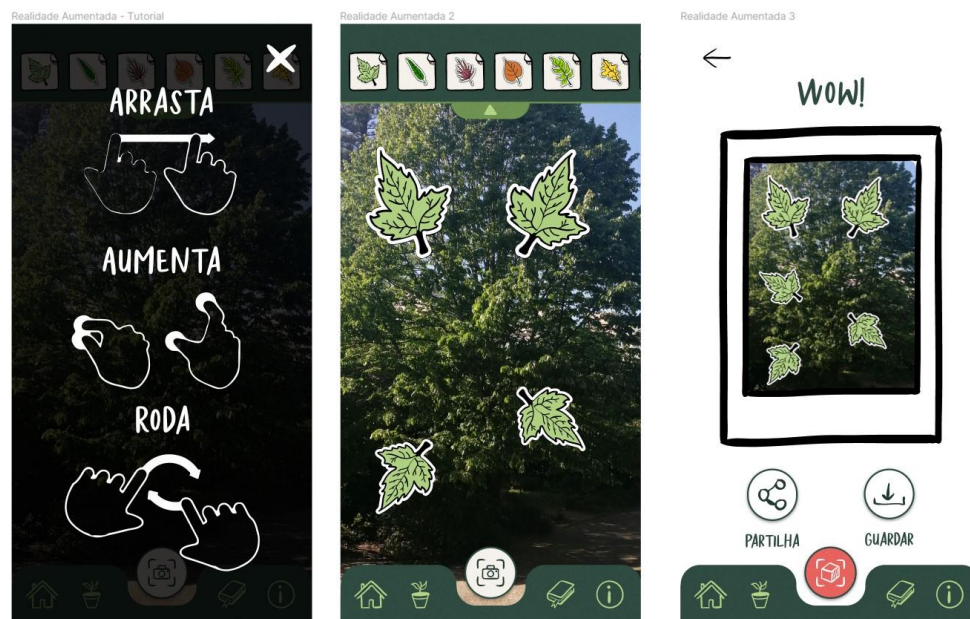


Figura 2.20: Versão do estudo de alta-fidelidade do ambiente criativo de realidade aumentada

2.6.5 Ecrã do Desafio na Galeria da Biodiversidade

No estudo de alta-fidelidade do primeiro desafio na Galeria da Biodiversidade (Figura 2.21) apenas é adicionado um painel (a) que aparece depois do utilizador responder ao *quiz*. Neste painel poderá consultar toda a informação sobre a folha que encontrou. O utilizador pode fechar ou carregar em *Seguinte* para passar para a folha seguinte.

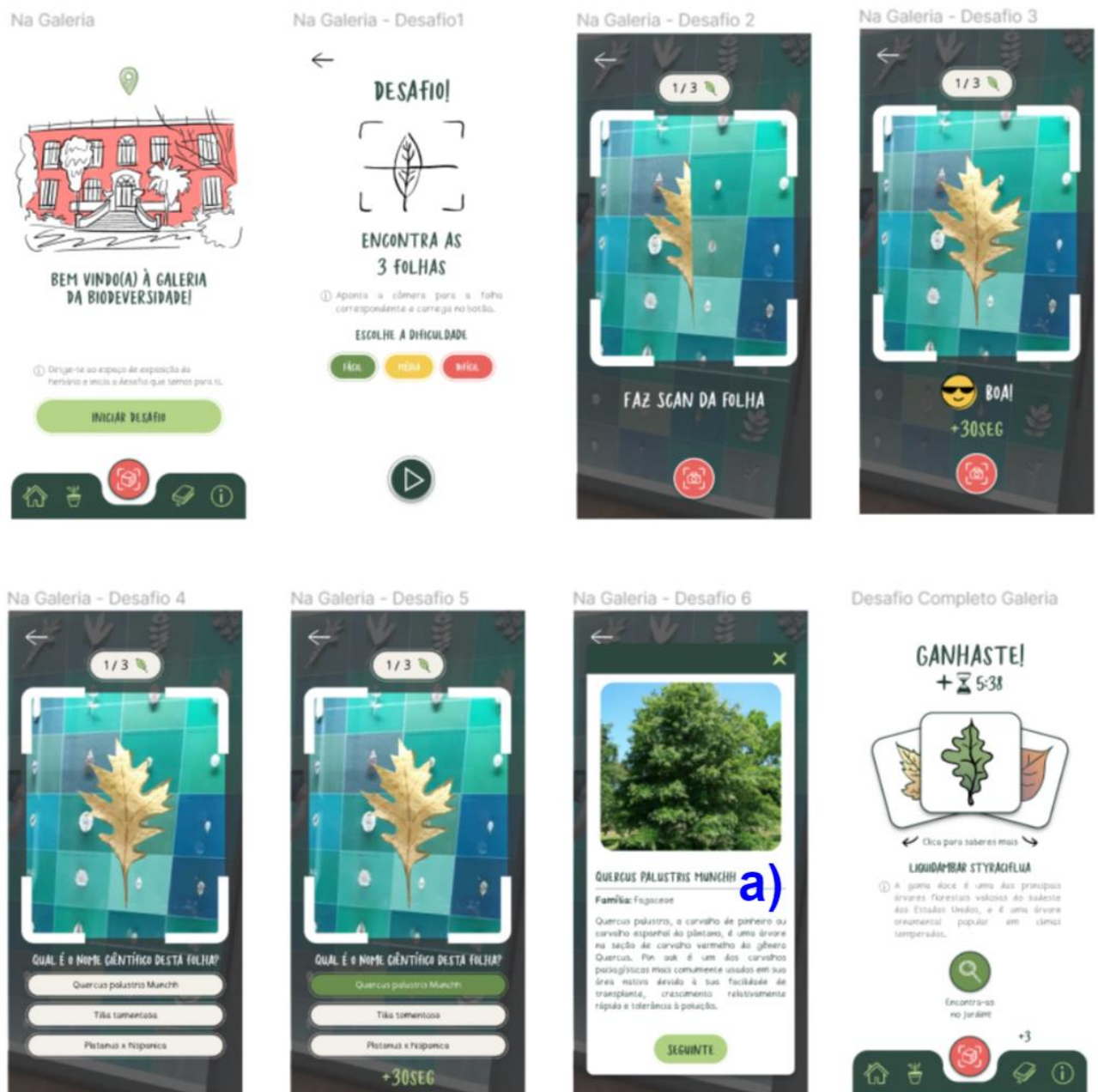


Figura 2.21: Protótipo de alta-fidelidade do ecrã de boas-vindas à Galeria da Biodiversidade e o primeiro desafio

2.6.6 Ecrã do Desafio no Jardim Botânico do Porto

No estudo de alta-fidelidade do segundo desafio no Jardim Botânico do Porto, demonstrado na Figura 2.22, após a realização dos *wireframes*, foi pensado haver uma animação semelhante a um radar. Os círculos azuis em (a) pulsam e os ícones das árvores aproximam-se do centro deles quando estiverem perto de uma das árvores. Os *feedbacks* áudios e hápticos seriam determinados pela proximidade do utilizador a uma árvore no Jardim. O utilizador pode desativar este tipo de *feedback* utilizando os ícones do som e háptico (b).

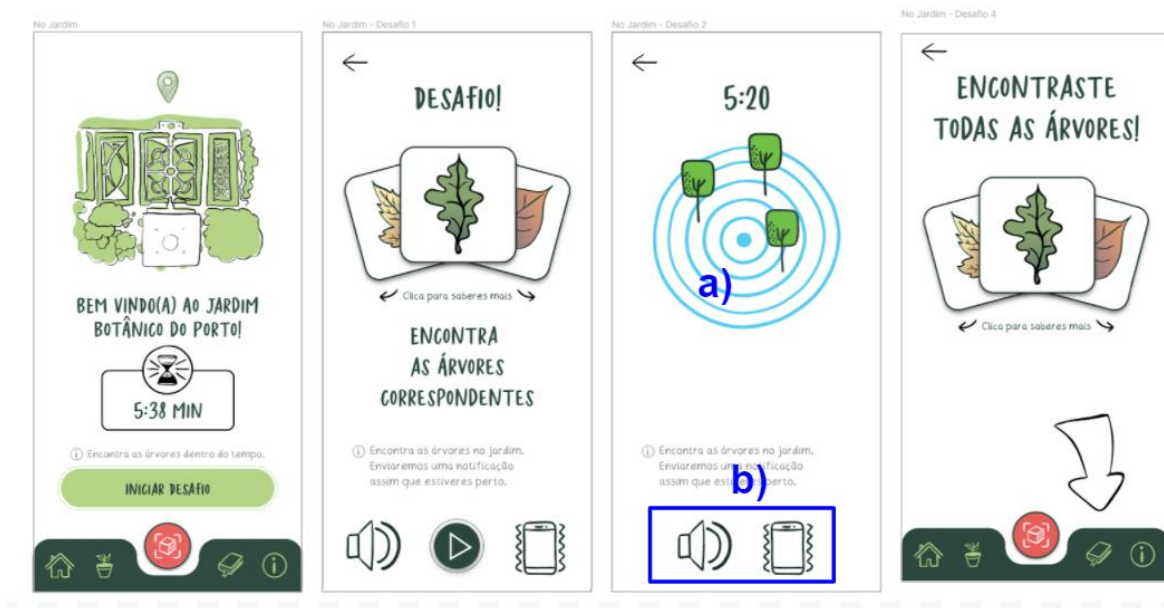


Figura 2.22: Protótipo de alta-fidelidade do ecrã de boas-vindas ao Jardim Botânico do Porto e segundo desafio

3. Implementação

3.1 Tecnologias, Ferramentas e seus Requisitos

Nesta secção são apresentadas as tecnologias e ferramentas que foram escolhidas, razões para a sua escolha e contributos no seu uso para a implementação da aplicação móvel. De modo geral, as tecnologias e ferramentas escolhidas basearam-se na experiência prévia e preferência pessoal no uso das mesmas. Não invalidando que existam melhores opções.

3.2.1 Unity

Unity é um motor de jogo proprietário criado pela Unity Technologies (*Unity Real-Time Development Platform / 3D, 2D VR & AR Engine*).³⁹ Este motor é um dos mais populares da indústria dos videojogos, fornecendo aos seus utilizadores uma loja de *add-ons* com bastante materiais e recursos disponíveis gratuitamente. Permite criação de jogos em 2D e 3D, permitindo exportar para várias plataformas como PC (Apple, Windows, Linux), consolas (Xbox, Playstation, Nintendo Switch) e smartphones (Android, Apple). Esta versatilidade permite dar abrangência a vários utilizadores e plataformas, sendo acessível para iniciantes e utilizadores mais avançados. O desenvolvimento de aplicações ou jogos é acessível e com uma grande gama de recursos educativos disponíveis para desenvolver neste meio.

A aplicação móvel é constituída por componentes lúdicos e recorre à tecnologia da realidade aumentada e o Unity é uma ferramenta de desenvolvimento de videojogos com vários recursos para desenvolvimento com realidade aumentada. Desta forma e considerando a nossa experiência prévia com o software e facilidade de implementação de plugins e kits de desenvolvimento de software (SDK) foi usado o Unity para a implementação da aplicação móvel.

³⁹ *Unity Real-Time Development Platform / 3D, 2D VR & AR Engine*. <https://unity.com/>

3.2.2 ARCore

*ARCore*⁴⁰ é um kit de desenvolvimento de software (SDK) desenvolvido pela Google com o objetivo de possibilitar a criação de experiências de realidade aumentada, usando vários (Interfaces de Programação de Aplicações) *APIs*. Este SDK possibilita aos *smartphones* analisar e entender o espaço físico e cria alicerces para a interação de objetos virtuais embebidos neste espaço físico, como se fizessem parte dele.

A plataforma está disponível para Android e iOS, contudo nem todos os dispositivos são suportados. A Google realiza uma série de testes de modo a entender se um dispositivo é compatível, verificando a qualidade da câmara, dos sensores de movimento e da arquitetura do dispositivo e só depois recebe certificação. Consequentemente esta limitação põe em causa a abrangência da aplicação móvel para outros dispositivos.

De acordo com informações fornecidas pela Google,⁴¹ a plataforma utiliza três capacidades-chave para integrar o seu conteúdo virtual com o espaço físico usado a câmara do dispositivo:

1. *Rastreio de Movimento* que permite ao dispositivo a entender e rastrear a sua posição em relação ao mundo. Ao rastrear o movimento, os objetos ficam no mesmo sítio quando movemos o dispositivo, ou até mesmo quando saímos do espaço e voltamos;
2. *Compreensão ambiental* que permite ao dispositivo detetar a escala e localização de várias categorias de superfícies, sejam horizontais, verticais ou angulares como o chão ou paredes;
3. *Estimativa de Luz* que permite ao dispositivo estimar as condições atuais de luz do ambiente.

O facto deste SDK se integrar bem com o motor de jogo Unity e a acessibilidade de dispositivos compatíveis, levou à sua escolha como elemento integrante na implementação da aplicação móvel.

⁴⁰ *Build new augmented reality experiences that seamlessly blend the digital and physical worlds*. Consultado a 20 de Junho de 2021 em <https://developers.google.com/ar>

⁴¹ *Conceitos fundamentais | ARCore | Google Developers* Consultado a 20 de Junho de 2021 em <https://developers.google.com/ar/discover/concepts>

3.2.3 Vuforia

O *Vuforia*⁴² é um kit de desenvolvimento de software para criação de aplicações de realidade aumentada. Programadores conseguem de forma facilitada adicionar funcionalidades de visão computacional aos seus projetos, permitindo reconhecer objetos e interagir com espaços no mundo real.

O kit suporta desenvolvimento para Android, iOS, Lumin e dispositivos *Universal Windows Platform* (UWP) e contém alguns planos de pagamento, tendo uma versão grátis e uma paga. Uma chave de licença precisa de ser adicionada por cada aplicação criada. A chave de licença grátis permite reconhecer até mil objetos por mês, adicionar mil objetos reconhecíveis e contém uma marca de água, a chave de licença paga retira algumas dessas restrições como a marca de água e um maior número objetos reconhecíveis.

Um pacote do *Vuforia* pode ser adicionado ao motor de jogo *Unity* através de um link GIT habilitando todas as suas funcionalidades e parâmetros. Uma amostra de exemplos do kit está disponível na loja de recursos do Unity, o que permite testar e experimentar logo de imediato a tecnologia, podendo posteriormente adaptar para qualquer projeto pretendido.

Para começar a reconhecer objetos, *targets* precisam de ser adicionados a uma base de dados. Estes *targets* podem ser uma imagem só, um cuboide, um cilindro ou um objeto 3D. Para cada um, é adicionado um nome único e dimensões em metros. A base de dados pode ser local, na nuvem ou *VuMark*, a local oferece um reconhecimento muito mais rápido que na nuvem, contudo na nuvem não acrescenta ao tamanho de armazenamento da aplicação, permitindo ter muitos mais *targets* e por sua vez mais objetos reconhecíveis.

A boa integração com o motor de jogo Unity e funcionalidade de reconhecimento de objetos, levou à sua escolha como elemento integrante na implementação da aplicação móvel.

⁴² *Vuforia Developer Portal*. Consultado a 21 de Junho de 2021 em <https://developer.vuforia.com/>

3.2.4 Figma

Figma é uma plataforma que fornece funcionalidades de design, corre no navegador de internet com a ajuda da tecnologia WebGL e permite um fluxo de trabalho colaborativo e mais eficiente.

As suas vantagens são bastantes em comparação com os programas tradicionais de construção de designs. Algumas das características que diferenciam são:

- Possibilidade de trabalho em equipa em tempo real, edição dos elementos e adição de comentários.
- Ferramentas automatizadas de disposição dos itens (*Auto Layout*).
- Disponibilização de *plugins* e modelos construídos pela comunidade, permitindo novos e mais rápidos fluxos de trabalho.
- Tradução automática dos elementos gráficos para código ou CSS e fácil exportação dos mesmos em qualquer formato para que um programador possa copiar e implementar no ambiente de desenvolvimento pretendido.
- Aceder aos ficheiros em qualquer lado em qualquer computador.
- Guardar automaticamente controlo de versões antigas para um fluxo de trabalho mais despreocupado.

Algumas das desvantagens acabam por se traduzir pelas limitações de opções e funcionalidades complexas que outros programas oferecem. Contudo, alguns dos *plugins* do *figma*, criados pela comunidade, acabam por conseguir tapar alguns buracos nessa falta de funcionalidades. O utilizador poderá ter que se adaptar, construindo coisas mais complexas nos programas tradicionais e podendo facilmente copiar e colar no *figma* para usufruir das vantagens acima mencionadas.

O *figma* contém também a funcionalidade de prototipar e pré-visualizar como ficaram os seus designs em qualquer dispositivo e obter rapidamente opinião de um cliente ou utilizador. A sua criação de bibliotecas permite que elementos que são criados uma vez, possam ser usados de novo em múltiplas situações e depois facilmente alterados, propagando edições por todas as suas instâncias. Tendo em conta todas as funcionalidades e experiência prévia, foi escolhida

esta plataforma para criar e organizar os estudos de alta-fidelidade e exportar os elementos gráficos para o protótipo funcional.

3.2.5 Requisitos das Tecnologias e Ferramentas selecionadas

De modo a corresponder com a tecnologia necessária como o *ARCore*, os dispositivos usados terão de incluir o sistema operativo Android com o API superior ao 14, que corresponde ao Android 7 ou superior. Para além disto, e de forma igual aos requisitos do *Vuforia*, o dispositivo terá de conter uma câmara frontal para poder ser emulada uma cena virtual e um sensor giroscópio (para de forma precisa detetar o movimento de rotação do dispositivo). O dispositivo também terá de ter um CPU suficientemente potente para assegurar um bom desempenho e cálculos em tempo real, criando uma a melhor experiência de utilizador ao todo. O utilizador poderá baixar a aplicação da *Play Store* se suportar a tecnologia. Caso o dispositivo apenas não suporte *ARCore*, será avisado do mesmo e terá acesso aos dois primeiros desafios e não ao ambiente criativo de realidade aumentada, tornando-o assim opcional, mas evidentemente tornará a experiência incompleta.

É necessário ter acesso à localização precisa do dispositivo, usando o GPS do mesmo, de modo que a segunda parte lúdica da aplicação, localizada no Jardim Botânico do Porto, possa funcionar sem problemas. Isto permite uma experiência sem necessidade de marcadores ou dependente de *beacons* Bluetooth, que necessitam de baterias.

3.3 Arquitetura do Sistema: UI e RA

O sistema vai consistir da junção de três elementos: o motor de jogo Unity; o SKD do Vuforia; SDK do ARCore. A Figura 3.1 mostra como os diferentes componentes da aplicação estão interligados e as suas dependências: a aplicação móvel, os kits de desenvolvimento de software *Vuforia* e *ARCore*.

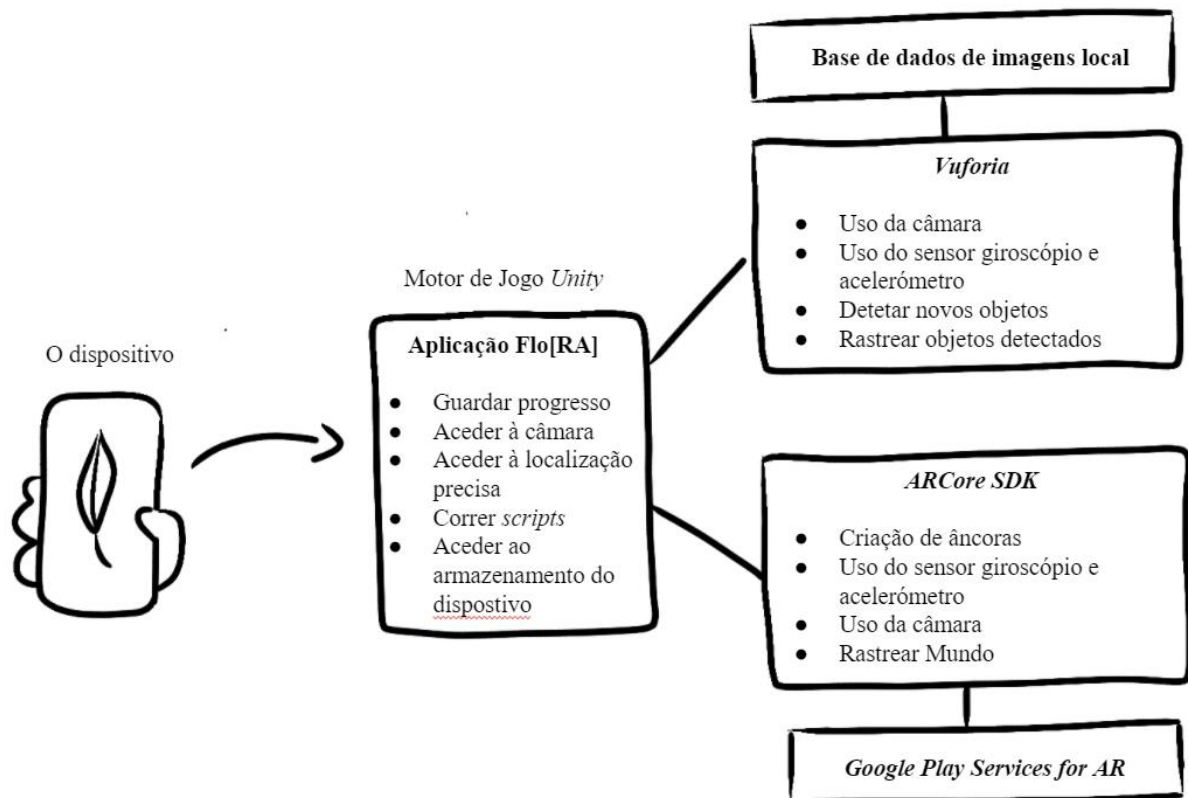


Figura 3.1: Diagrama da arquitetura e relação entre os kits *Vuforia* e *ARCore*

O kit de desenvolvimento (SDK) *Vuforia* é um elemento constituinte na experiência criada no primeiro desafio na Galeria da Biodiversidade. Permite reconhecer as folhas das vitrines (Figura 2.2) recorrendo a uma base de dados guardada localmente na aplicação móvel. Essa base de dados é constituída por fotografias das folhas que foram selecionadas. As fotografias foram previamente capturadas usando os dispositivos móveis de teste e alteradas ligeiramente o contraste de modo a aumentar o número de *features* (Figura 3.2) e facilitar a deteção das folhas nas vitrines. A implementação deste sistema foi feita pelo colega do Mestrado Integrado em Engenharia Informática e Computação.

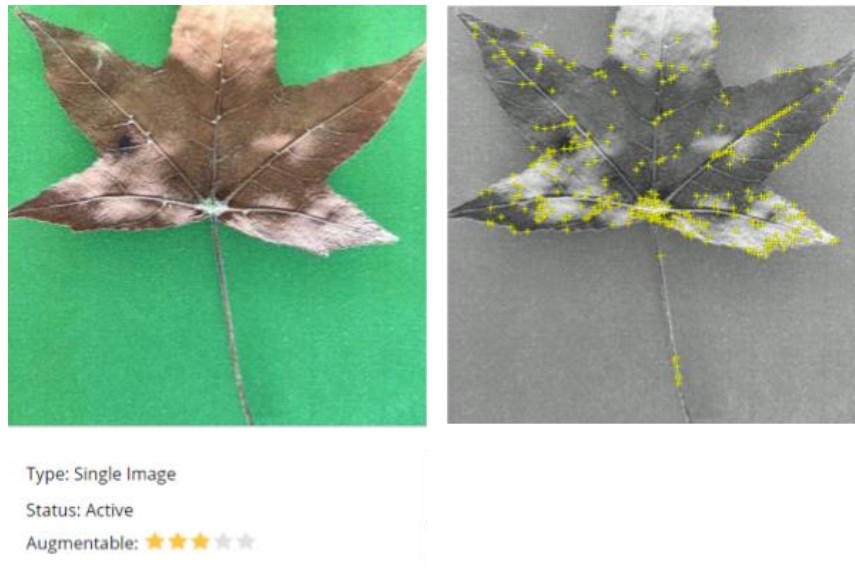


Figura 3.2: Representação das *features* da imagem que ajudam no reconhecimento das folhas

O kit de desenvolvimento (SDK) do *ARCore* é um elemento constituinte da experiência no ambiente criativo. Este kit permite colocar imagens das folhas (Figura 3.3), em desenho e fotográficas, no mundo real através da transmissão da câmara. Usando um exemplo fornecido pela Google chamado *HelloAR*, este foi modificado e programado no Unity de modo a obter a interação pretendida.

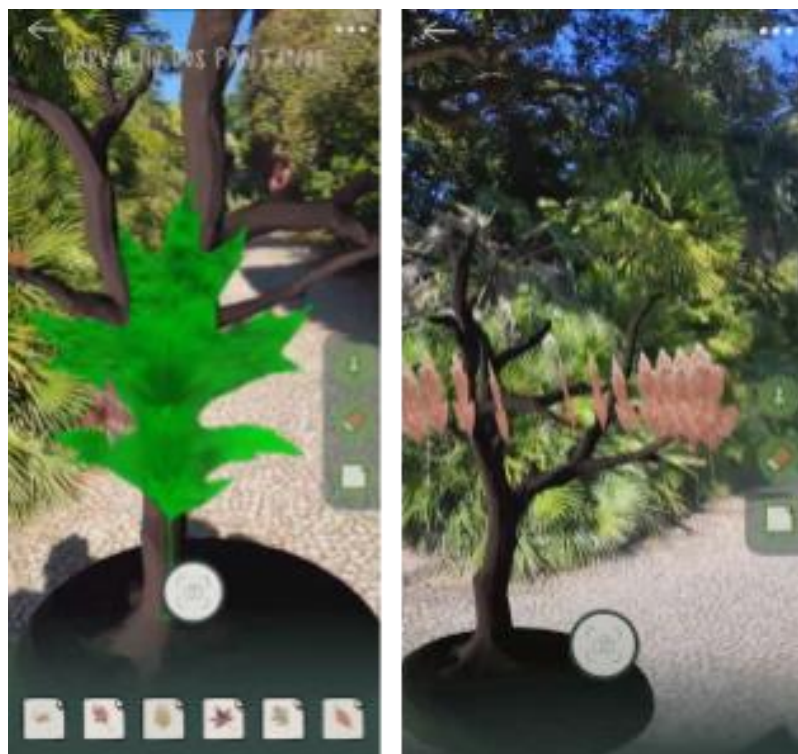


Figura 3.3: Demonstração do uso do *ARCore* no ambiente criativo da aplicação móvel

3.4 Protótipo Funcional: Interface de utilizador

Nesta secção apenas serão apresentados os elementos finais constituintes do protótipo funcional que foi usado nos testes aos utilizadores.⁴³

Ao entrar na aplicação, o utilizador encontra o ecrã de boas-vindas (Figura 2.18), este mantém-se inalterado desde o protótipo anterior. Contudo, uma decisão técnica acabou por alterar a maneira desenhada de como o utilizador interage com a aplicação. Em vez do utilizador ir para um ecrã de boas-vindas que é relativo à sua localização (usando um sistema de *beacons* bluetooth), este agora poderá escolher o ecrã que quiser independentemente da sua localização na barra de navegação (Figura 3.4). De modo ao utilizador não se perder na sua experiência, este primeiro ecrã representado na Figura 2.18 leva o utilizador logo para o ecrã de boas-vindas da Galeria da Biodiversidade como é mostrado na Figura 3.5.

3.4.1 Barra de Navegação



Figura 3.4: Barra de navegação do protótipo funcional

⁴³ O protótipo funcional aqui desenvolvido e apresentado foi sujeito a alterações mediante as opiniões dos especialistas de usabilidade que serão abordadas no capítulo 4 onde será abordado em melhor detalhe.

3.4.2 Ecrã do Desafio da Galeria da Biodiversidade

Ao chegar ao ecrã de boas-vindas da Galeria da Biodiversidade, o utilizador poderá prosseguir para desafio, escolher uma das dificuldades e iniciar o jogo (Figura 3.5).

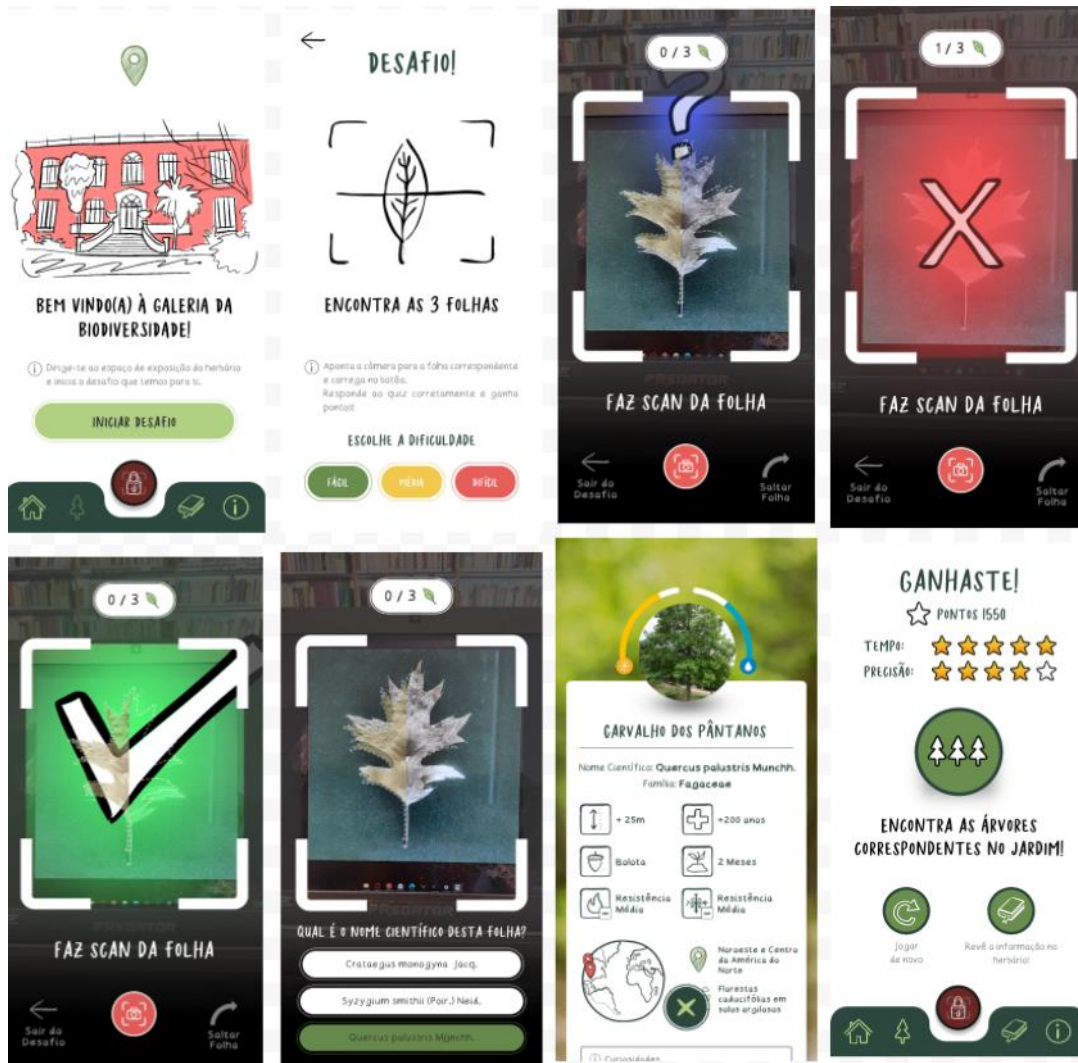


Figura 3.5: Ecrã de boas-vindas e desafio na exposição de botânica da Galeria da Biodiversidade

Este primeiro desafio no protótipo funcional muda ligeiramente a interação e elementos gráficos:

- Começa o desafio logo que escolhe a dificuldade sem ter de clicar no botão *play*.
- Em realidade aumentada uma iconografia representando certo e errado são adicionados sobre a folha para indicar ao utilizador se fez a escolha certa.

- É possível saltar a folha (que fica marcada como encontrada), salvaguardando qualquer falha técnica com a tecnologia e permitindo o utilizador avançar.
- Os painéis modais com a informação das folhas são agora consistentes com o ecrã do herbário e aparecem assim que o *quiz* for respondido.
- Após detetar e colecionar as 3 folhas, no ecrã final é dado algumas informações sobre a prestação do jogador no jogo e respetivos pontos. É também adicionado três botões, um para ir diretamente para o próximo desafio, um para voltar a jogar e finalmente um outro para consultar de novo a informação que desbloqueou no ecrã do herbário.

Esta interação final visa criar uma linearidade na experiência do utilizador de modo que realize os desafios e desbloqueie itens de forma sequencial.

3.4.3 Ecrã do Desafio do Jardim Botânico do Porto

No último desafio, situado no Jardim Botânico do Porto (Figura 3.6), bastantes coisas alteraram desde a ideia inicial no protótipo anterior. As mudanças e implementações foram as seguintes:

- Remoção do tempo disponível para completar o desafio, sendo que a ideia foi descartada de modo aos utilizadores poderem passear sem preocupações com o tempo.
- Remoção dos botões de som e vibração, esta funcionalidade foi descartada e apenas irá receber uma notificação háptica com a vibração do dispositivo.
- Adição de um mapa (Figura 3.7) em vez de um radar de modo a facilitar a orientação. Neste mapa, ícones das árvores são colocados nos respetivos lugares e marcados após terem sido devidamente encontrados.
- A qualquer momento o utilizador pode clicar num dos ícones da árvore e um *modal* irá aparecer com as informações da árvore, à semelhança dos que estão no ecrã herbário.
- Informação da proximidade é dada em três momentos acompanhados com a vibração do dispositivo. O primeiro diz que a árvore “está perto”, o segundo diz que “está se a aproximar”, o terceiro e último diz que a árvore “está muito próxima”.

- Quando encontra uma árvore um pequeno *modal* aparece como no quarto ecrã da Figura 3.16. Um som de *vitória* é tocado e informações são dadas que colecionou aquela árvore para ser usada no ambiente criativo de realidade aumentada.
- No fim de todas as árvores serem encontradas e colecionadas, um último ecrã redireciona os utilizadores para o ambiente criativo de realidade aumentada.

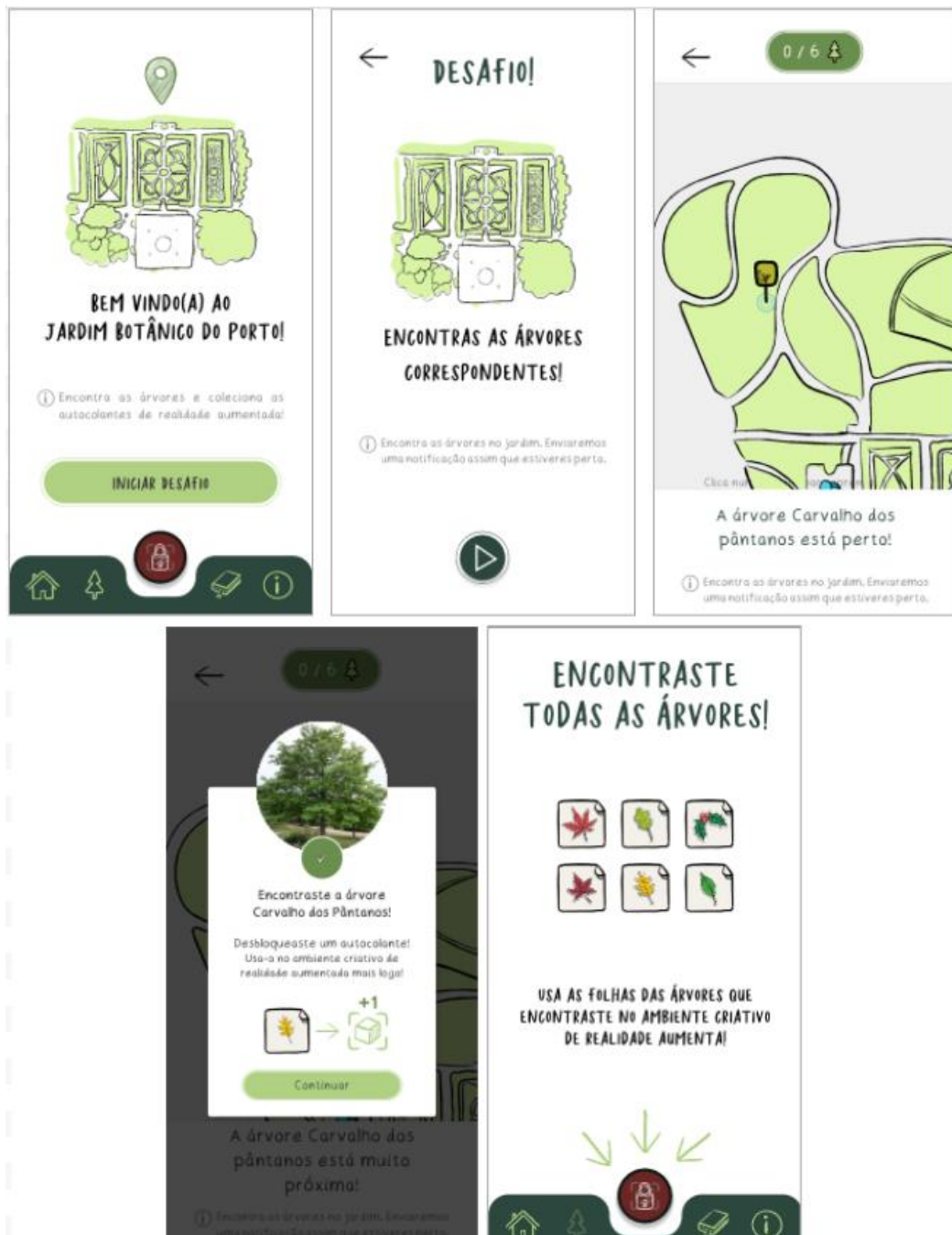


Figura 3.6: Ecrã de boas-vindas e desafio no Jardim Botânico do Porto

- Adicionado secção de curiosidades no fundo do painel modal.
- Adicionadas fotos de acesso livre de imagens isoladas das árvores correspondentes.
- A ideia de ver árvores em realidade aumentada foi descartada devido a constrangimentos de tempo.

No ecrã sobre Figura 3.8, apenas foram adicionadas informações atualizadas, número da versão e um botão de reiniciar os dados.



Figura 3.8: Ecrã do Herbário (à esquerda) e ecrã Sobre (à direita)

3.3.4 Ecrã do Ambiente Criativo

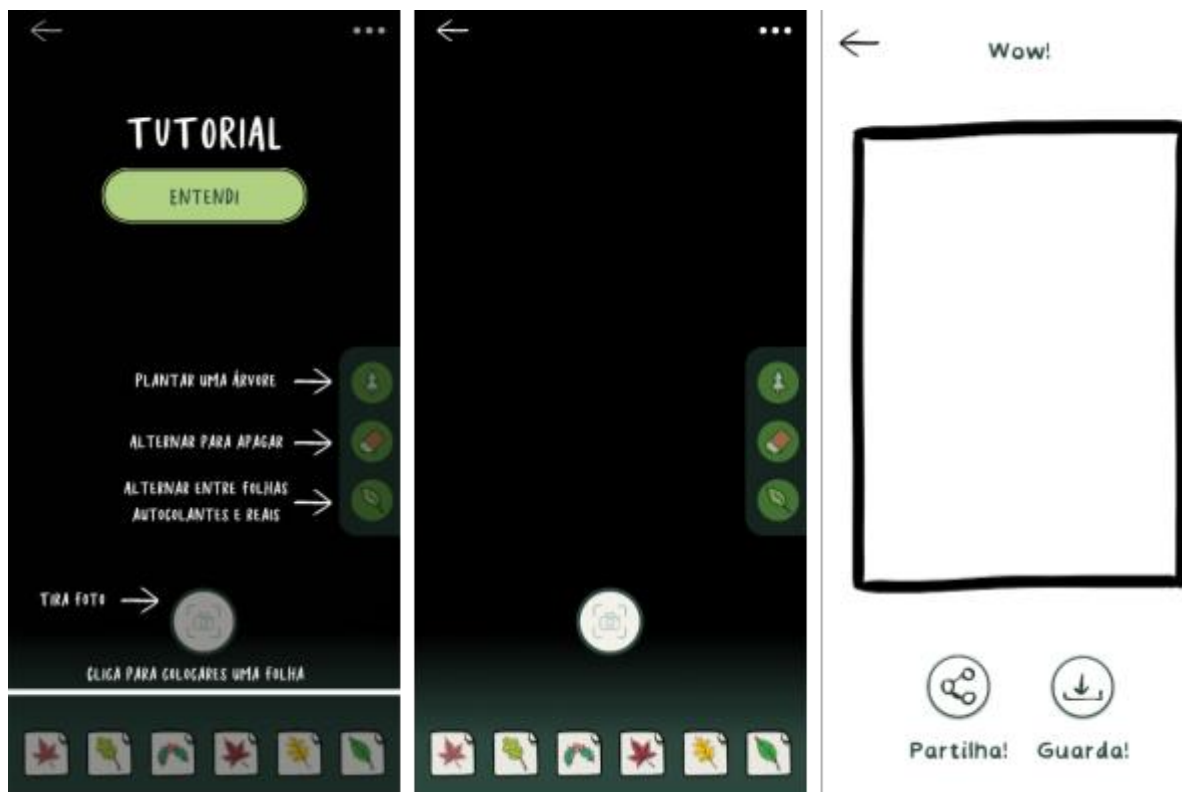


Figura 3.9: Interface do ambiente criativo de realidade aumentada.

Finalmente, no ambiente criativo de realidade aumentada (Figura 3.9), foram realizadas mudanças significativas. Sendo baseado numa tecnologia emergente como a realidade aumentada, a interface foi alterada mediante a opinião tanto da equipa como dos especialistas de interface e usabilidade abordados no capítulo seguinte. Algumas das mudanças notáveis desde a última versão do protótipo são:

- Foi adicionado um tutorial estático sem interação.
- Foi removida a barra de navegação de modo que o utilizador não se *perdesse* na interação e foi adicionado um botão de voltar em vez disso.
- A barra de escolha dos autocolantes foi colocada em baixo de modo a ser mais acessível.
- Os autocolantes já não são colocados com *click and drag*, agora são apenas com um clique.

- Adicionado uma barra lateral do lado direito com três botões:
 - Um botão para fazer cair uma semente no chão. Esta após cair coloca um modelo 3D de uma árvore sem folhas na localização de onde cai a semente.
 - Um botão para alternar entre um modo de apagar, permitindo apagar tanto as folhas como as árvores.
 - Um botão para alternar os autocolantes presentes na barra inferior, entre folhas autocolantes (desenhadas) e folhas reais (fotos das mesmas).
- Um botão de menu, no canto superior direito, que permite reiniciar e apagar tudo.
- Após tirar foto no botão circular situado no meio, é redirecionado para o terceiro ecrã da Figura 3.9. Neste poderá ver a foto e escolher se a quer partilhar ou guardar.

3.5 Protótipo Funcional: Experiência Lúdica

Durante o desenvolvimento da aplicação foi pensado várias estratégias sobre que elementos de ludificação incluir na aplicação. Tendo em conta a revisão de literatura há necessidade de incluir certos elementos de modo a não só tornar a experiência mais completa, mas também apelar a várias categorias de jogador. Nesta secção são apresentados esses componentes e a ideia por trás de um cada deles.

3.5.1 Desafio na Galeria da Biodiversidade

Neste primeiro desafio são considerados os seguintes elementos para contribuir para o lúdico da aplicação. Estes têm de conseguir incentivar o jogador a progredir na experiência e dar *feedback* das suas ações. No fim do jogo têm também que mostrar ao jogador as suas conquistas e desempenho.

Dificuldade. De modo a tornar a experiência equilibrada é importante o desafio poder acompanhar a dificuldade à medida que os utilizadores ganham essas habilidades. Neste sentido, foram criados três níveis de dificuldade: fácil, média e difícil (Figura 3.10).



Figura 3.10: Seleção da dificuldade no primeiro desafio

Nas diferentes dificuldades, a imagem que é sugerida aos utilizadores varia no seu estilo, sendo que na fácil aparece metade da folha e um tracejado da sua silhueta, na média apenas a metade e na difícil apenas a silhueta (Figura 3.11).

A pontuação (abordada a seguir) também muda consoante a dificuldade escolhida: mais pontos na mais difícil e menos na mais fácil.

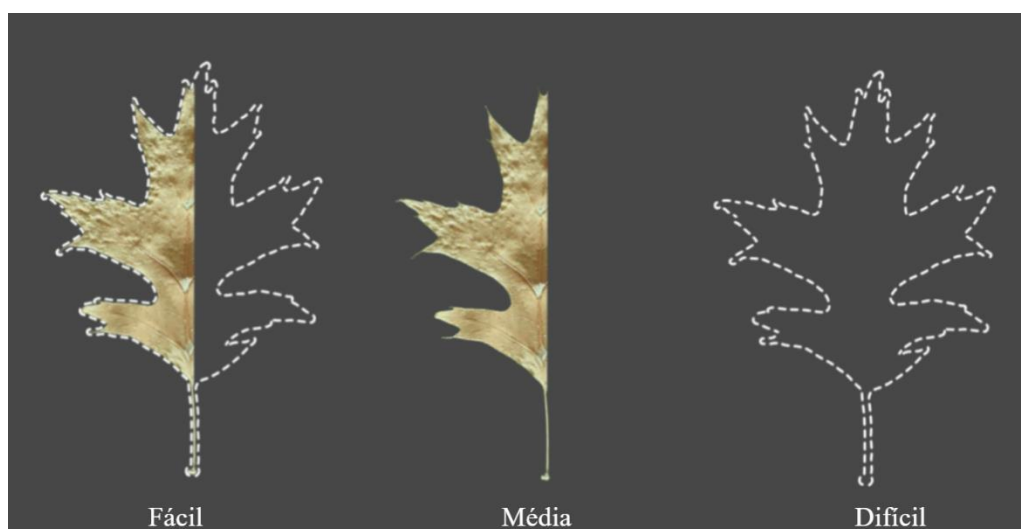


Figura 3.11: Imagem apresentada como dica para cada uma das dificuldades

Pontuação. De modo a obter uma pontuação variada entre jogadores e promover alguma competição ou conquista foram implementadas duas mecânicas (Figura 3.12):



Figura 3.12: Informação apresentada no fim do primeiro desafio em relação à pontuação

- **Tempo:** O utilizador tem um determinado tempo mínimo para encontrar as folhas, este tempo é invisível para o utilizador e foi calculado com o tempo médio que alguns utilizadores demoraram durante os testes. À medida que o utilizador vai demorando, vai perdendo pontuação e estrelas.
- **Precisão:** Esta é determinada com a contagem do número de respostas certas e erradas tanto no *scan* da folha como no *quiz*. Quanto mais respostas erradas, menos pontuação e menos estrelas tem.

Progresso

O utilizador tem o seu progresso visível no desafio através de um contador (Figura 3.13). De acordo com a segunda *motivação central* de Chou (2019) chamada de *Desenvolvimento e Conquista* esta mecânica ajuda a motivar o utilizador a prosseguir. Ao começar o contador, tem a motivação de completar.



Figura 3.13: Contador presente no primeiro desafio

No fim de encontrar as 3 folhas, o utilizador tem a oportunidade de jogar de novo e encontrar mais 3 folhas (Figura 3.14). A razão para dividir a procura das folhas em vez de ter logo 6 prende-se com respeitar as necessidades do utilizador quanto ao seu tempo e motivação. Se apenas jogar uma vez, irá apenas ter 3 árvores para encontrar no segundo desafio do Jardim, resultando numa experiência mais curta.

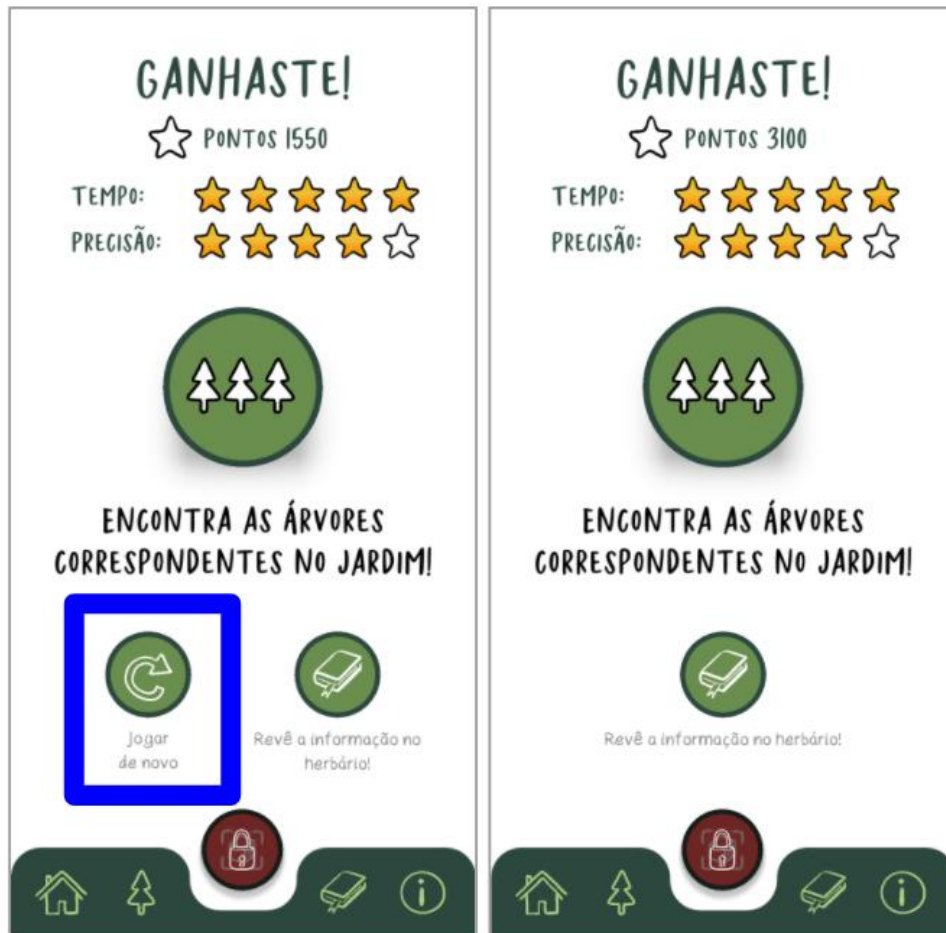


Figura 3.14: Ecrã apresentado no fim do primeiro desafio, antes de jogar de novo (à esquerda) e depois de jogar de novo (à direita)

3.5.2 Desafio no Jardim da Biodiversidade

Este segundo desafio apresenta-nos um espaço exterior, dado abertura para criar uma experiência mais ampla. Este tira proveito dos sistemas de geolocalização do dispositivo como elemento principal na jogabilidade. À semelhança do jogo *Pokémon Go* (2016) e da atividade “Como se divertem as flores” do projeto BEACONING, mencionado na secção 1.4.2, os jogadores são convidados a moverem-se num espaço e encontrarem elementos do jogo que estão ancorados à sua localização real.

Exploração Geolocalizada

Este elemento lúdico visa criar uma ligação do conhecimento que o utilizador aprendeu no desafio anterior e tomar proveito da tecnologia para se diferenciar e criar motivação extra.

Para se orientar, o utilizador tem presente ícones das árvores num mapa, que correspondem a pontos de interesse a que se deve dirigir (Figura 3.7). O utilizador tanto pode ir passeando pelo Jardim e ir esperar pelos alertas hápticos ou ler o mapa e ir em direção de uma das árvores.

A informação da proximidade do utilizador às árvores é fornecida em três momentos, acompanhada com um alerta háptico (vibração) e textual. O primeiro momento diz que a árvore “está perto”, o segundo diz que “estás a aproximar-te”, o terceiro e último diz que a árvore “está muito próxima”. Se não tiver perto nem próximo apenas apresenta que está “Não há árvores próximas ainda por descobrir.” (Figura 3.15).

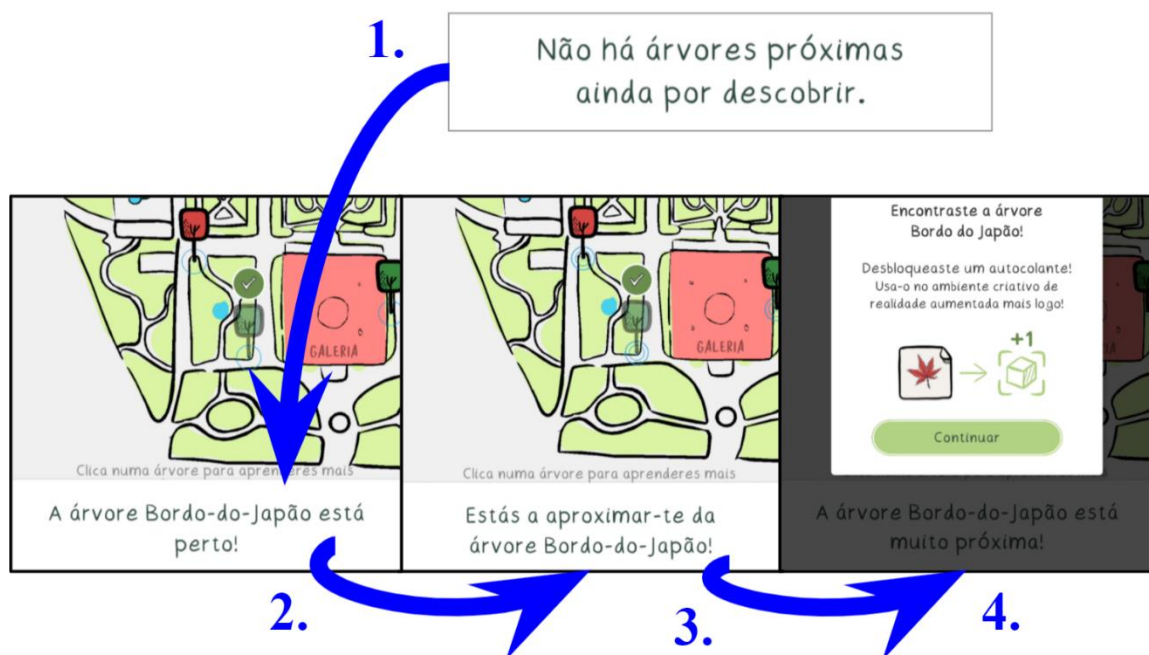


Figura 3.15: Alerta textual apresentado no segundo desafio

Quando o utilizador se aproxima o suficiente da árvore (ao prejuízo da precisão do GPS), um painel modal é apresentado ao utilizador e informando-o do seu progresso, conquista e coleção, mas também que desbloqueou uma folha para ser usada no ambiente criativo de realidade aumentada (Figura 3.16). Quando este painel modal aparece, há um alerta háptico e sonoro.



Figura 3.16: Painel modal que é apresentado depois de estar muito próximo de uma das árvores

Finalmente, o mapa irá ajustar a sua posição, animando e colocando no centro o ícone da árvore mais próxima (Figura 3.17).

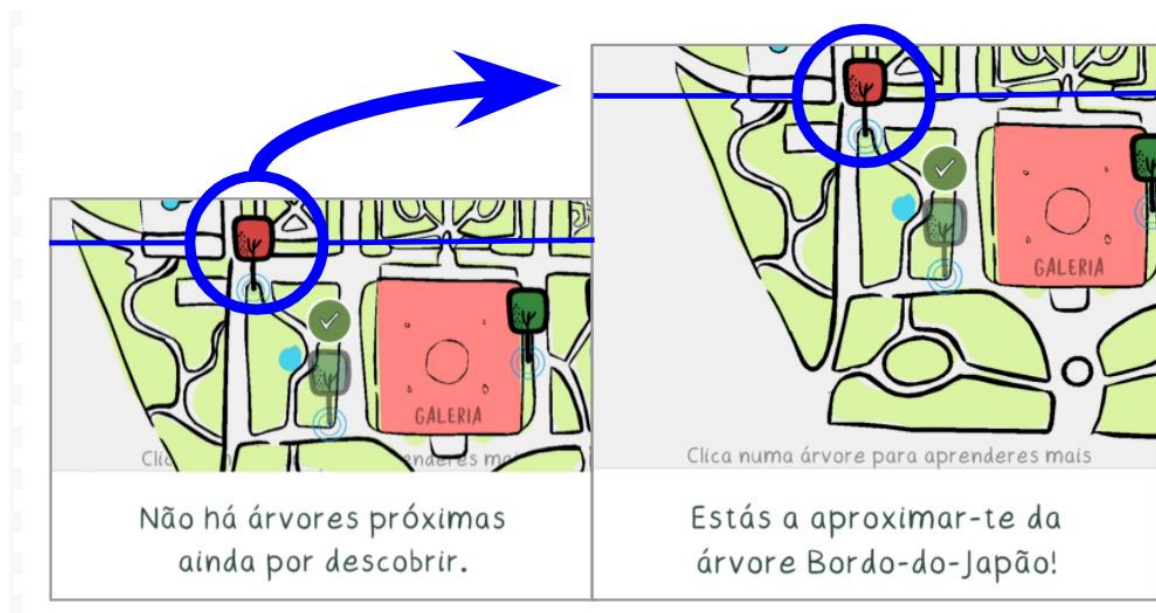


Figura 3.17: Transição do mapa para mostrar o ícone da árvore mais próxima para o meio (à direita)

Coleção e Progresso

À semelhança do primeiro desafio presente na Galeria da Biodiversidade, neste desafio é apresentado um contador no topo com o progresso do utilizador. O número no contador é apenas referente às folhas que encontrou na galeria. Se o utilizador apenas encontrou 3 folhas na Galeria iria apresentar “0/3” ao iniciar o desafio, se encontrar todas é apresentado “0/6” (Figura 3.19).

Quando ele encontra uma das árvores o seu ícone é feito translúcido e um círculo verde com um certo é colocado em cima (Figura 3.18), dando assim informação ao jogador que já encontrou a mesma.



Figura 3.18: Ícone da árvore depois de ter encontrado a árvore correspondente

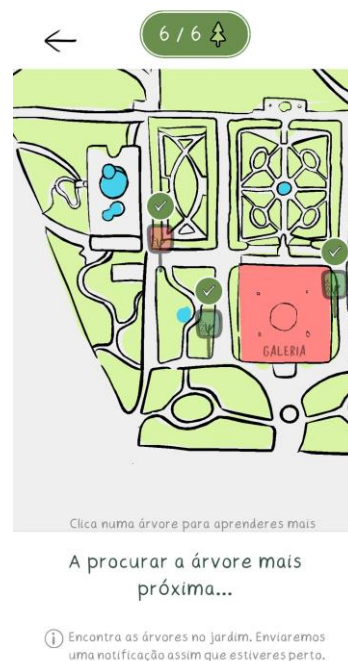


Figura 3.19: Ecrã do desafio do herbário com todas as árvores encontradas

Coleção no Herbário

No ecrã no *Herbário* reside a maior parte da informação das árvores que o utilizador interage e também o seu o estado da coleção e progresso. Se o utilizador ainda não tiver encontrado nenhuma das folhas no desafio da Galeria da Biodiversidade, este ecrã irá mostrar tudo bloqueado como se pode ver na Figura 3.20 no ecrã à esquerda. Caso já tenha encontrado todas ou apenas algumas, o ícone da folha estará a verde e o botão ir para o desafio (a) estará disponível como se pode ver no ecrã ao centro da Figura 3.20. A informação estará disponível também quando a folha correspondente for encontrada. Quando a coleção estiver completa, os ícones das folhas (b) e árvores (c) estarão a verde e um certo é colocado em cima como se pode verificar no ecrã à direita da Figura 3.20. Adicionalmente o modo criativo passa a estar disponível e o botão que leva ao seu acesso (d) deixa de estar bloqueado.

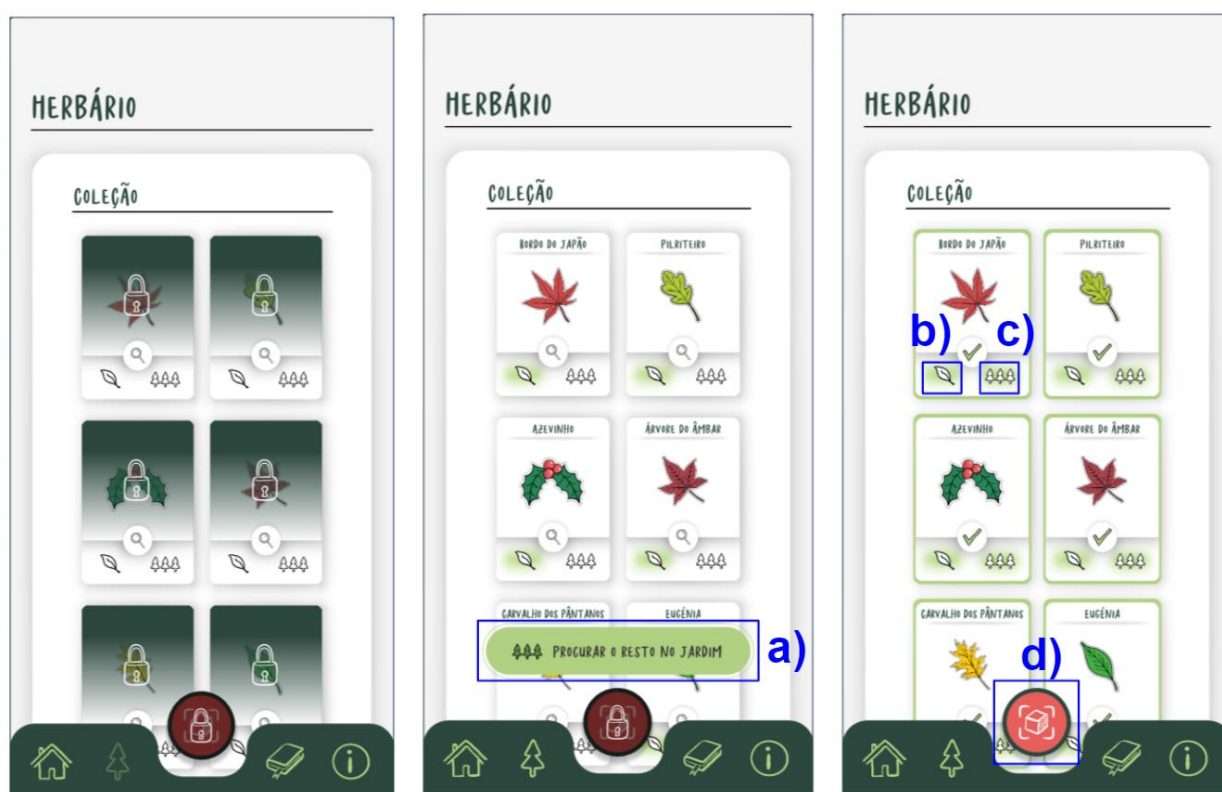


Figura 3.20: Ecrã do *Herbário* – antes de desbloquear uma folha (à esquerda), todas as folhas desbloqueadas (ao centro) e todas as árvores desbloqueadas (à direita).

Quando o utilizador clicar num dos cartões das folhas, um painel modal irá aparecer como mostra na Figura 3.21. Neste painel modal apresenta toda informação sobre a árvore. É apresentado o nome comum da árvore, seguido do nome científico e da família a que pertence.

São apresentados 6 ícones que correspondem às propriedades das árvores, ou seja: (a) representa a altura; (b) a representa o tempo de vida médio; (c) representa o fruto da árvore; (d) representa o tempo até à idade adulta; (e) representa a resistência ao calor; e (f) representa a resistência ao frio. Adicionalmente, (l) representa a necessidade de sol e (m) a necessidade de água, quando mais preenchida estiver mais será a necessidade.

A seguir a esses ícones é apresentado a localização geográfica da árvore num globo (h) e em texto (i), o habitat é apresentado (j). Por fim são apresentadas curiosidades sobre a árvore (k). Para fechar este painel modal, o utilizador pode carregar no botão em baixo (g) ou deslizar para baixo.

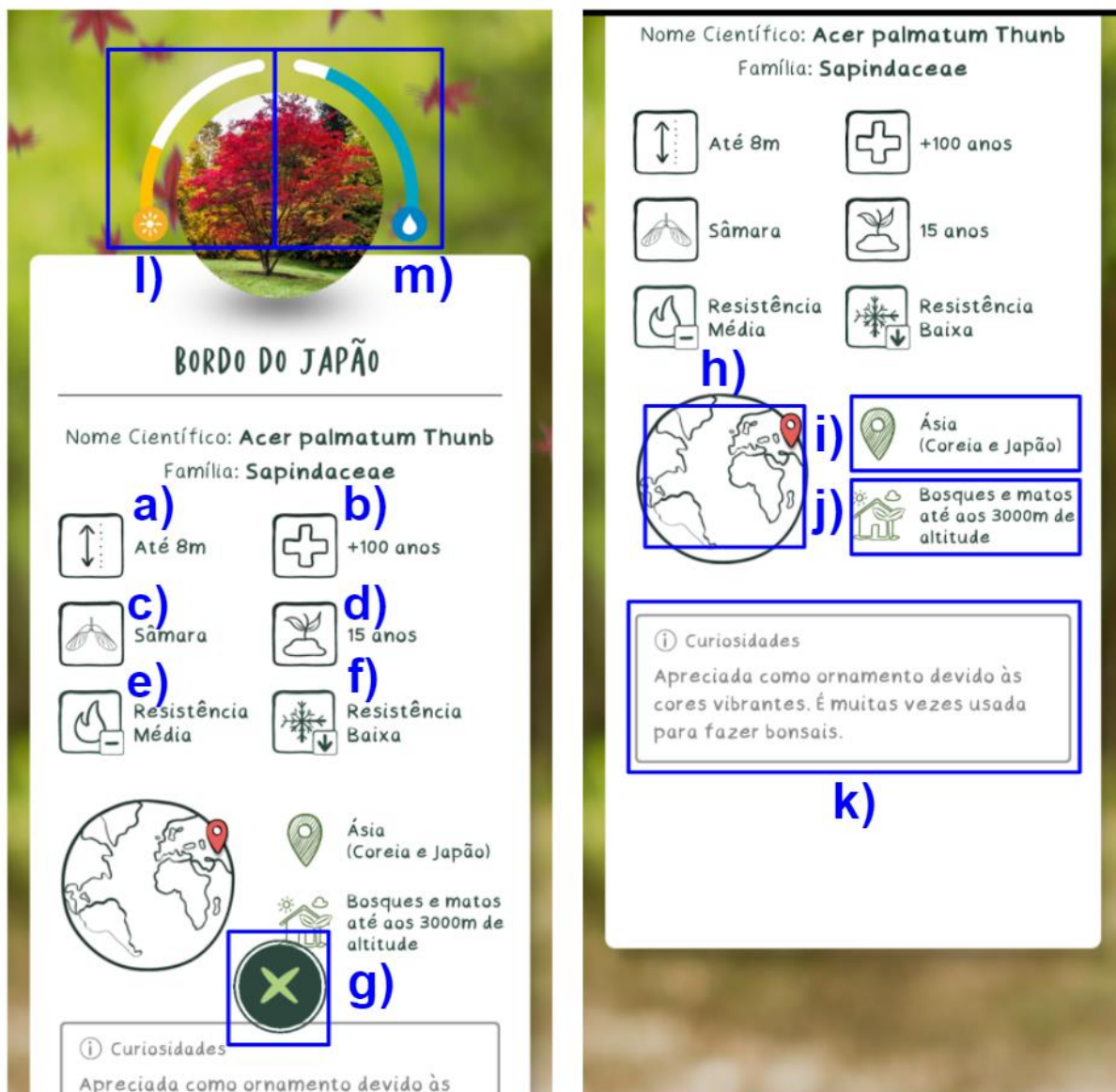


Figura 3.21: Exemplo de painel modal da informação sobre as árvores

4. Análise

Neste capítulo é apresentada a avaliação da aplicação. Foram realizados testes com peritos em design de interação, utilizadores visitantes e da equipa do museu à aplicação, na Galeria da Biodiversidade e no Jardim Botânico do Porto em junho de 2021.

12 utilizadores visitantes e 4 da equipa do museu experimentaram a aplicação e partilharam os seus pensamentos e experiências com a mesma. Informação adicional sobre as suas experiências anteriores com realidade aumentada, os espaços e o conteúdo científico também foram obtidas. A observação e entrevistas foram utilizadas para registar a opinião do utilizador.

Durante os testes com utilizadores foram feitas questões que foram apontadas, usaram-se grelhas de observação e foram feitas entrevistas que foram gravadas com o devido consentimento. As primeiras questões prendiam-se com a recolha de dados demográficos e experiência prévia no uso de aplicações de realidade aumentada, conhecimento de árvores e do espaço (Galeria e Jardim), enquanto os testes com observação direta se destinavam à recolha de dados de usabilidade e ao envolvimento com a aplicação. Nas entrevistas, a ênfase foi colocada nos dados qualitativos e na compreensão dos contributos da aplicação.

4.2 Métodos e Procedimentos Gerais

Os utilizadores visitantes e profissionais do museu foram convidados a participar e antes de começar, algumas perguntas foram feitas aos utilizadores visitantes, relativas à idade, experiência prévia com aplicações de realidade aumentada, o conteúdo científico, com o espaço e posteriormente apontadas as respostas. Durante este tempo também foi pedido para assinar o consentimento para a gravação de voz, destinado para entrevista no final da experiência.

Após obter esses primeiros dados e consentimento preenchido, foram acompanhados à exposição de botânica da Galeria da Biodiversidade e brevemente informados do que iriam estar a fazer e foi pedido que começassem a atividade inicial da aplicação.

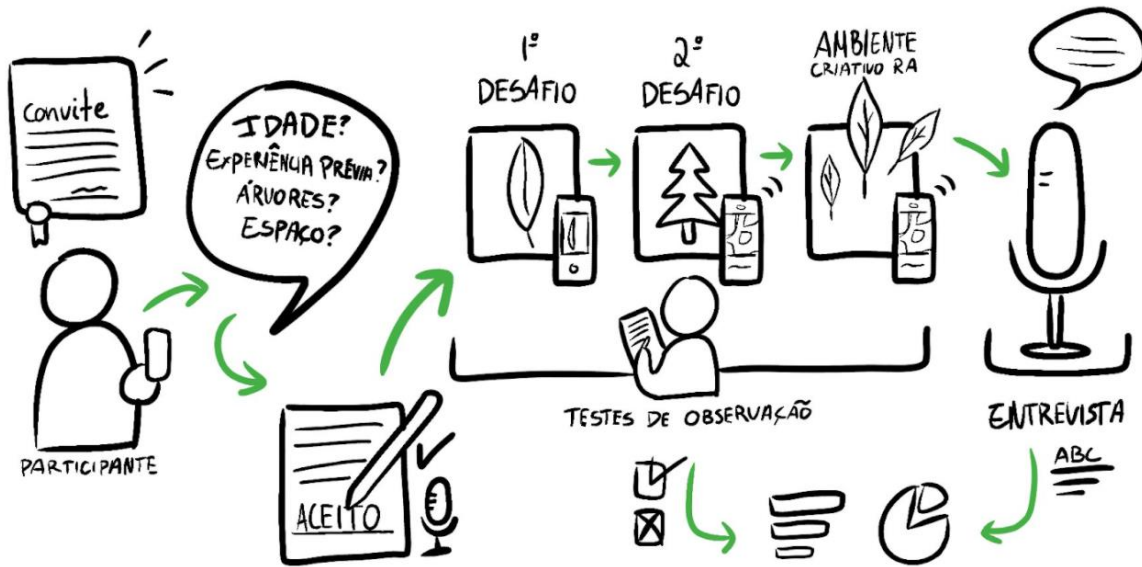


Figura 4.1: Diagrama do procedimento geral aos visitantes e profissionais do museu.

Durante a totalidade da experiência foram feitos testes com observação direta e apontados numa grelha de observação apenas aos utilizadores visitantes, utilizado o protocolo *think aloud*, de forma a perceber o que estes estariam a pensar durante o uso da aplicação. No fim, foi realizada uma entrevista com os utilizadores visitantes e profissionais do museu, ao qual se usou um gravador e foram gravadas as respostas com o devido consentimento.

Os testes com observação direta e entrevistas não foram realizados aos peritos de design de interface, apenas foram fornecidos com um questionário no fim da experiência com perguntas de resposta múltipla de dois modelos de heurística, um relativo ao lúdico da aplicação e outro ao design de interface.

Todos os resultados obtidos foram guardados numa nuvem do *Google Drive* e posteriormente processados no *Google Sheets*. No caso das entrevistas, estas foram transcritas e retiradas as respostas relevantes e colocadas numa tabela para que fossem comparadas.

4.3 Testes com Peritos em Design de Interface de Utilizador

Para avaliar a usabilidade do protótipo funcional, foi realizada uma análise de peritos em design de interface de utilizador, que serviram de base para melhorar a primeira versão do protótipo e identificar possíveis problemas de usabilidade.

4.3.1 Objetivos

Estes testes foram realizados por especialistas para alcançar os seguintes objetivos:

1. Entender se as funcionalidades presentes na aplicação estão bem implementadas e se a usabilidade da aplicação está de acordo com heurísticas lúdicas e de design de interface.
2. Identificar possíveis problemas que a aplicação possa ter relativamente ao lúdico, ao conteúdo, ao design de interface e experiência de utilizador.
3. Obter opinião sobre como a interação com a interface de utilizador pode ser melhorada.

4.3.2 Participantes

Os seguintes especialistas realizaram os testes à aplicação:

- **Perito 1** - Professora Auxiliar no Ensino Superior especializada em Design da Experiência do Utilizador e Design da Interface do Utilizador.
- **Perito 2** - Designer de Produto e de Interface.

4.3.3 Procedimento

Foram realizados dois testes: um antes da realização dos testes com os utilizadores visitantes (secção 4.4) e outro após. Aos peritos foram fornecidos o formulário no *Google Forms* com dois modelos de heurística, lúdica e usabilidade, respetivamente. O primeiro modelo de heurísticas baseia-se em (Desurvire & Wiberg, 2009) e prende-se na usabilidade lúdica, contendo áreas como jogabilidade, usabilidade, mecânicas e conteúdo do jogo (consultar Anexo F). Dados neste modelo ajudam não só a corrigir potenciais problemas de jogabilidade, mas também ajudar a melhorar o design do jogo. O segundo modelo, conhecido como heurísticas de Nielsen (1994) permite avaliar a usabilidade geral da aplicação (consultar Anexo F).

As respostas consistem numa escala de severidade de 0 a 4, cada número corresponde ao seguinte:

- 0 = Não concordo que este seja de todo um problema de usabilidade.
- 1 = Apenas problema cosmético: não precisa de ser resolvido a menos que haja tempo extra, disponível no projeto.
- 2 = Pequeno problema de usabilidade: a sua resolução é de baixa prioridade.
- 3 = Grande problema de usabilidade: importante resolver, por isso deve ser dada alta prioridade.
- 4 = Catástrofe de usabilidade: imperativo para corrigir isto antes que o produto possa ser lançado.

Junto a estas respostas, foi adicionada uma questão de resposta aberta para os peritos justificarem as respostas da escala de severidade.

4.3.4 Resultados: Heurísticas Lúdicas

As questões do modelo de heurísticas lúdicas de (Desurvire & Wiberg, 2009) foram divididas em diferentes secções que caracterizam uma boa jogabilidade. Mediante cada uma será apresentada a opinião de cada perito que seja de grande problema de usabilidade. Todas as questões e respostas estão disponíveis no Anexo F.

Nos gráficos que se seguem, a cor amarela corresponde ao Perito 1 e a cor verde corresponde ao Perito 2.

Jogabilidade duradoura. Tendo em conta a questão se o jogo era divertido e sem tarefas repetitivas ou aborrecidas, o Perito 1 é da opinião que deveria haver uma notação mais clara de quantas folhas colecionou no desafio da Galeria da Biodiversidade que poderia encontrar no desafio seguinte. Esta sugestão foi adotada no protótipo funcional, adicionando um contador de forma semelhante ao desafio na galeria e indicando esse número no ecrã do *herbário* (consultar secção 3.3.2).

Para o Perito 2, a similaridade entre as folhas que o utilizador tem de encontrar na exposição de botânica na Galeria (Figura 2.1), pode causar dificuldade adicional no primeiro desafio,

podendo trazer com ela frustração. O perito sugere criar uma análise mais profunda no tempo que os utilizadores demoram a encontrar essas folhas na exposição, de forma a balancear a experiência e adicionar dicas como em que vitrine na Galeria se situa a folha (Figura 2.2). O perito 2 acrescenta que, uma vez que só se implementou 6 folhas e árvores, o pouco conteúdo pode prejudicar a durabilidade da jogabilidade. Esta limitação de conteúdo pode provocar a perda de interesse após a primeira vez que se joga, pois já se sabe a localização de todos os objetos de jogo.

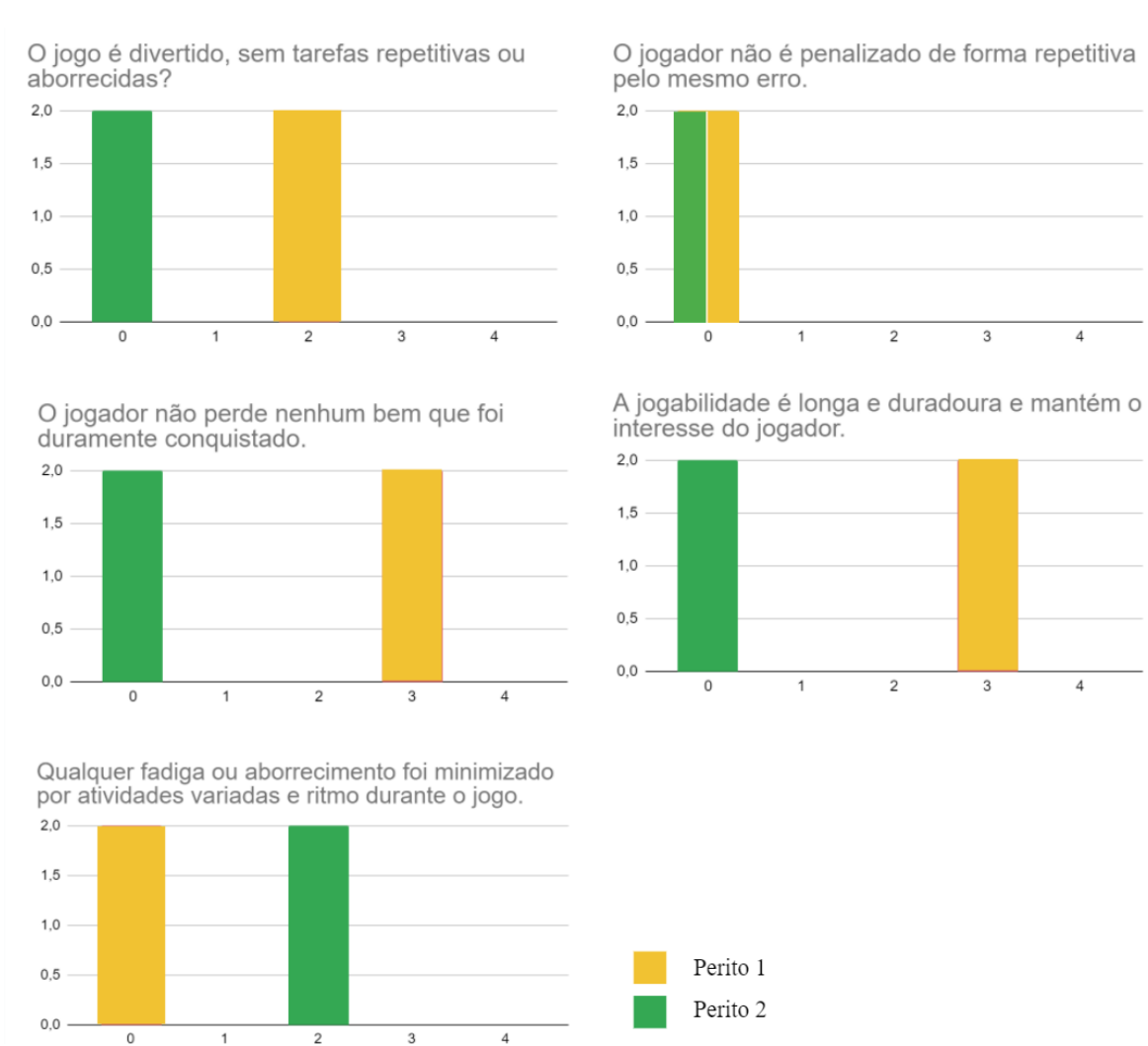


Figura 4.2: Gráficos das respostas às questões da heurística lúdica – Jogabilidade duradoura

Estratégia, Desafio e Ritmo. Na questão sobre se os desafios propostos são experiências de jogo positivas ou negativas, resultando na vontade de jogar mais, em vez de desistir, o Perito 1 refere que as instruções dos desafios podem afetar a experiência dos utilizadores por estarem ou incompletas ou difíceis de ler e de perceber. Embora a legibilidade tenha sido melhorada, devido a restrições de tempo, não foi possível melhorar tudo.

Nesta secção, o Perito 2 sublinha a importância de criar um balanço na dificuldade, nomeadamente deixar as folhas mais difíceis de encontrar para um nível difícil e as fáceis para um nível mais fácil. De modo a prevenir possíveis frustrações.

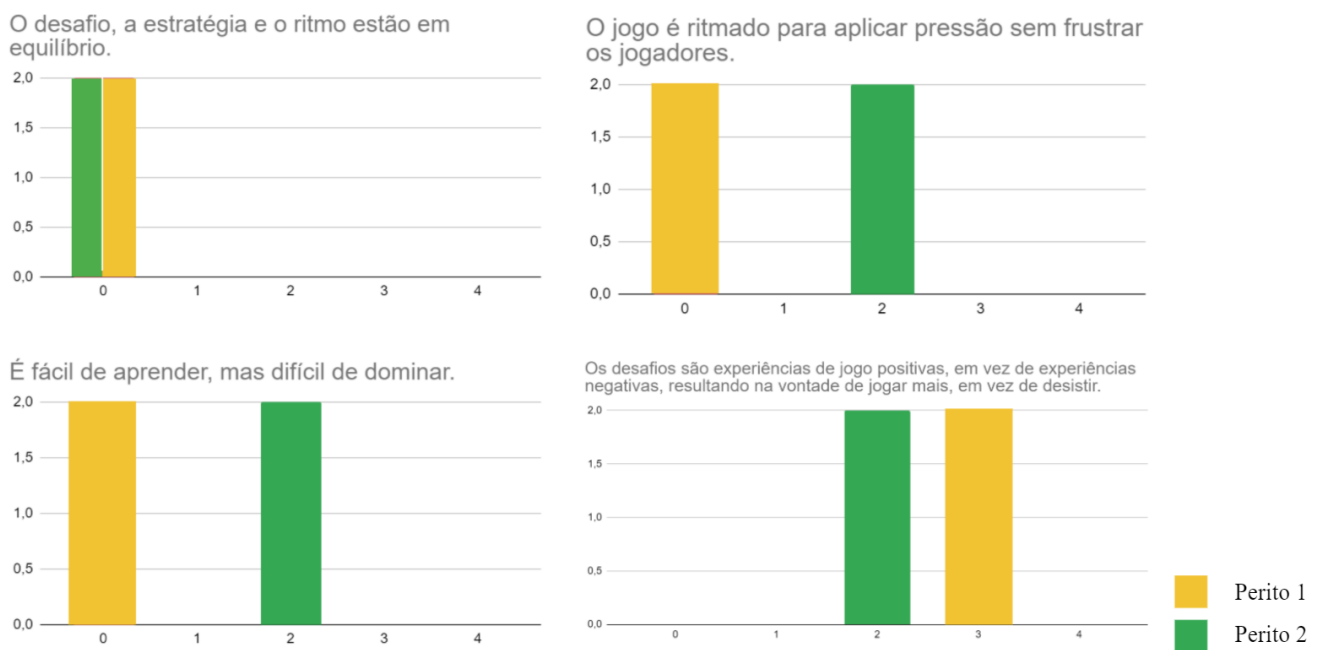


Figura 4.3: Gráficos das respostas às questões da heurística lúdica – Estratégia, Desafio e Ritmo

Consistência no Mundo. Considerando as questões: se o mundo do jogo reage ao jogador e lembra-se da sua passagem através dele e se mudanças que o jogador faz no mundo do jogo são persistentes e notáveis se recuarem até onde já estiveram antes, o Perito 1 considera uma catástrofe de usabilidade. A persistência da informação é condicionada pela forma como foi concebida, cada ecrã é um cenário que se apaga quando o utilizador o deixa. Esta questão da usabilidade foi parcialmente resolvida, permitindo a acumulação de pontos ao jogar novamente. O Perito 2 não apontou qualquer problema de usabilidade nesta heurística.

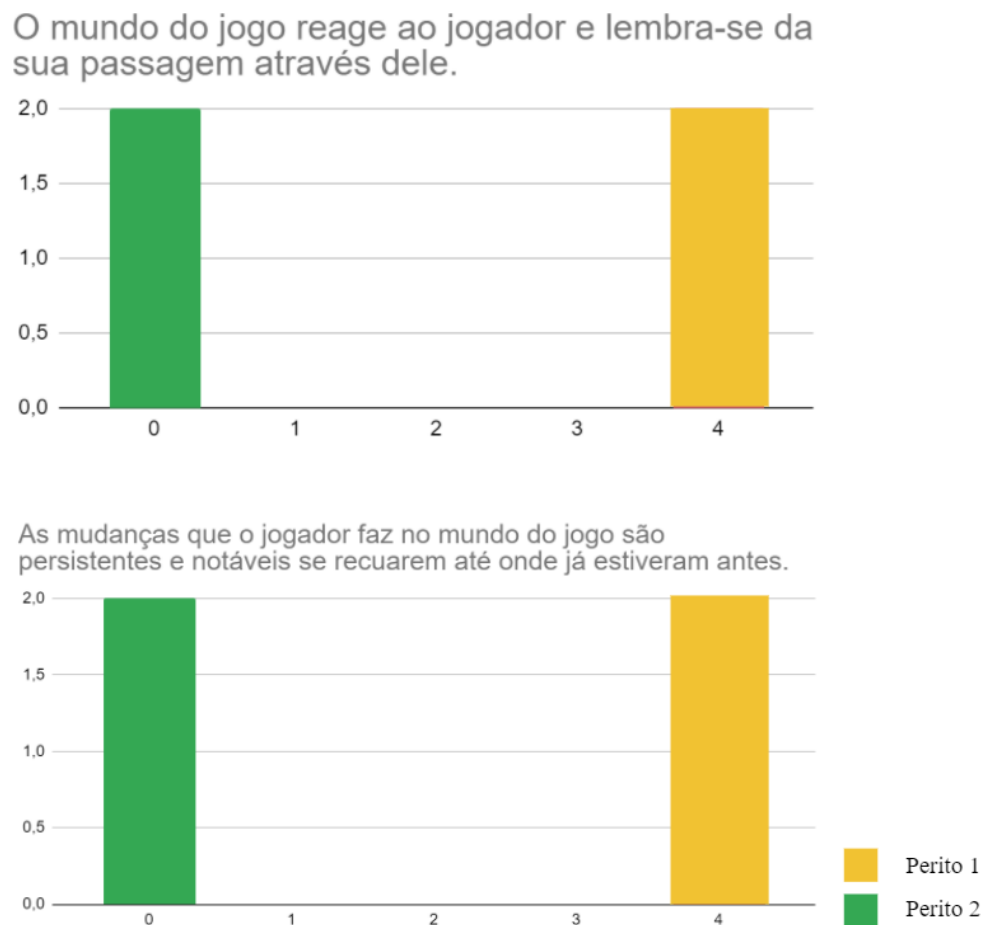


Figura 4.4: Gráficos das respostas às questões da heurística lúdica – Consistência no Mundo

Objetivos. O Perito 1 é da opinião que a falta de clareza nos objetivos de cada desafio cria um grande problema de usabilidade. Há uma falta de “sensação clara de recompensas ao longo do jogo” (Anexo F) que poderia tornar o lúdico ainda mais motivante. Apesar de isto ter sido parcialmente desenhado no protótipo de baixa e alta-fidelidade, não chegou a ser implementado no protótipo funcional. Após esta sugestão, foi implementado um melhor *feedback* das recompensas apenas no desafio presente no Jardim Botânico do Porto, com a presença de um painel modal e um *feedback* sonoro de “vitória”.

O Perito 2, está de acordo com o primeiro. Vemos então que o problema ficou por resolver. O Perito aponta falta de clareza no caso do desempenho de tempo e precisão presente no primeiro desafio. O utilizador só sabe que foi pontuado com esses parâmetros após ter acabado a primeira vez, já tendo noção deles, na segunda. O ideal aqui, será informar o utilizador logo no início de forma que perceba que as suas competências vão afetar o resultado da pontuação.

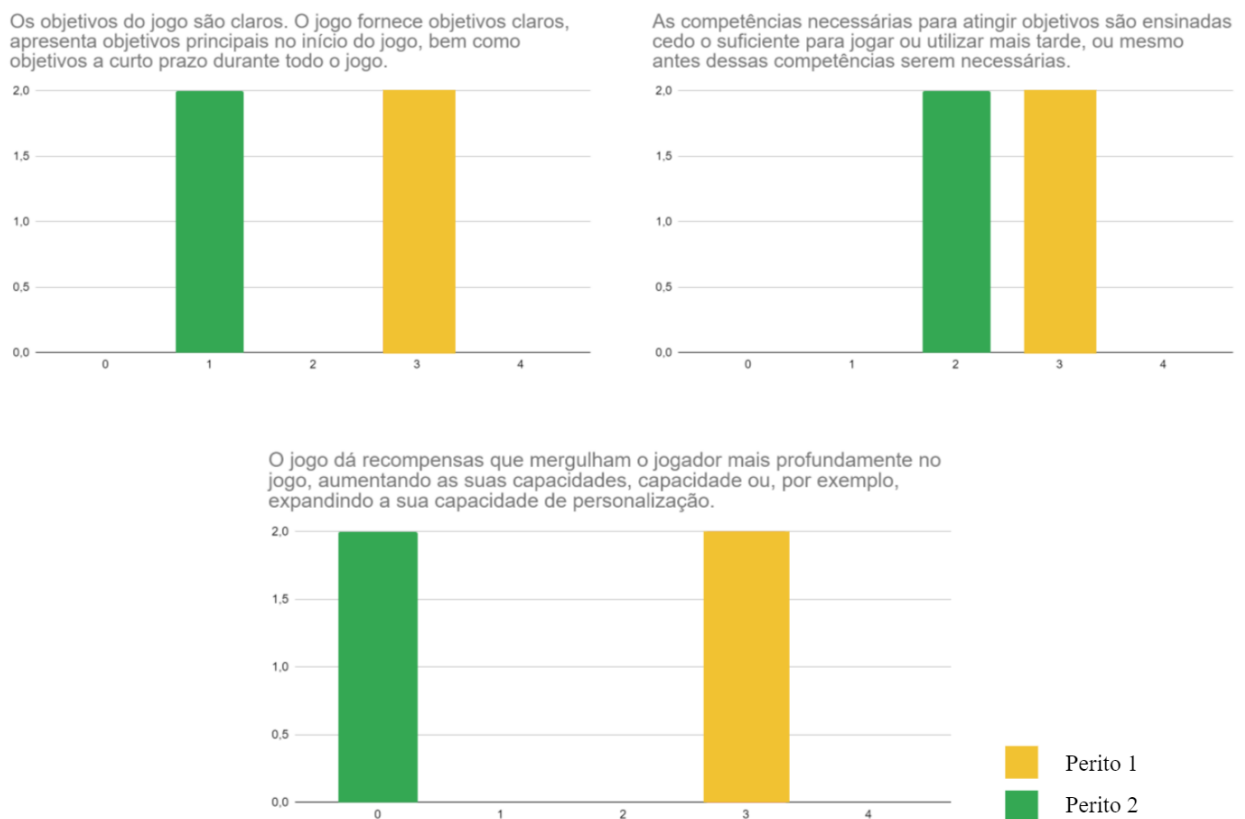


Figura 4.5: Gráficos das respostas às questões da heurística lúdica – Objetivos

Variedade de Jogo e Estilos de Jogo. Tendo em conta a variedade de jogadores e estilos de jogo, o Perito 1 é da opinião que não se aplica pois não achou ter encontrado muita variedade.

Para o Perito 2, parece haver alguma limitação nas diferentes maneiras de ganhar e jogar. Apesar de existir três dificuldades no primeiro desafio que mudam a interface de forma a facilitar ou dificultar o desafio, o perito é da opinião que essa mudança pouco difere entre a dificuldade fácil e média. Acredita haver mais variação de dificuldade mediante as folhas que é pedido para encontrar. Sugere o uso de dicas caso a folha seja difícil de encontrar, ou separar as folhas mais difíceis e atribuí-las aos níveis mais desafiantes.

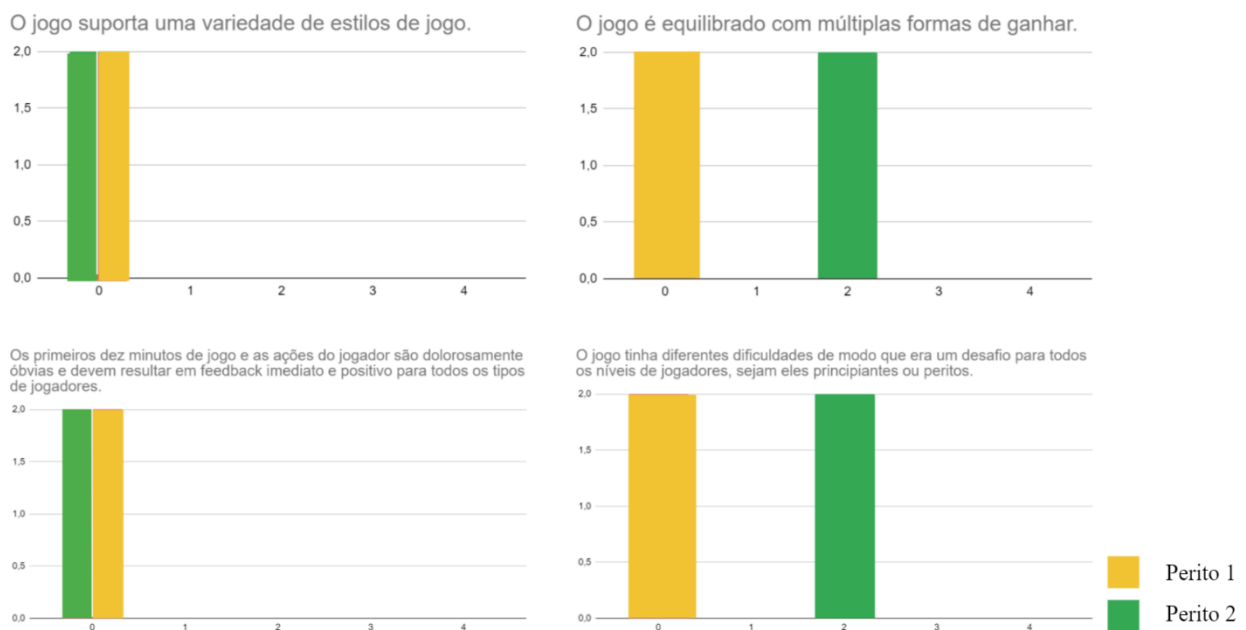


Figura 4.6: Gráficos das respostas às questões da heurística lúdica – Variedade de Jogo e Estilos de Jogo

Perceção de controlo do jogador. O Perito 1 aponta que teve dificuldades em compreender o que se pretendia fazer e orientar-se na navegação e para onde teria que ir para prosseguir com a experiência. Isto devia-se a uma falta de prioridade e falta dos ícones presentes no último painel no desafio da Galeria quando acabar o desafio. Este problema de usabilidade foi resolvido com uma hierarquização dos ícones, tornando-os mais claros. Por exemplo, quando acaba o primeiro desafio, o botão mais relevante é o botão que leva o utilizador para o próximo desafio que também foi adicionado ao ecrã do herbário caso o utilizador deseje rever a informação primeiro.

Tendo em conta o *redesign* após as sugestões do Perito 1, o segundo não apontou nenhum problema de usabilidade, sendo da opinião que se sentia em controlo e liberdade no jardim para ir para onde queria.

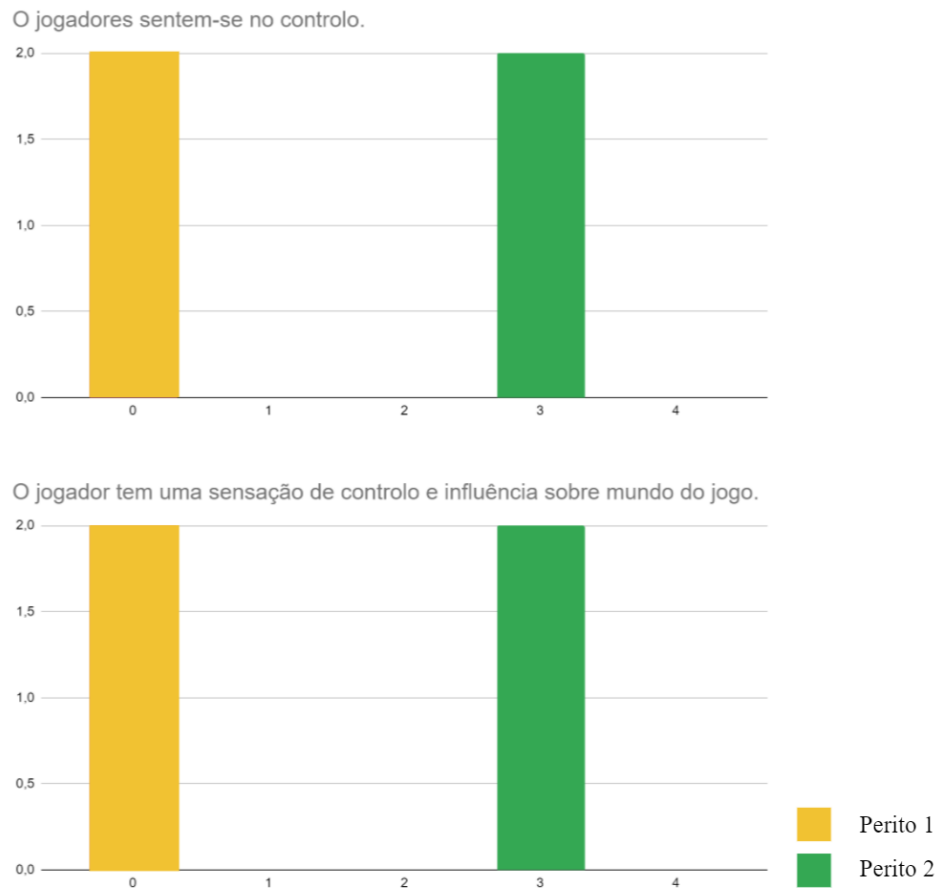


Figura 4.7: Gráficos das respostas às questões da heurística lúdica – Perceção de controlo do jogador

Entretenimento. Relativamente à capacidade de as componentes lúdicas conseguirem manter o interesse do utilizador, o Perito 1 não apontou nenhum problema, e o segundo é da opinião que a ligação entre a galeria e o jardim feita pelo jogo foi “encantadora”.

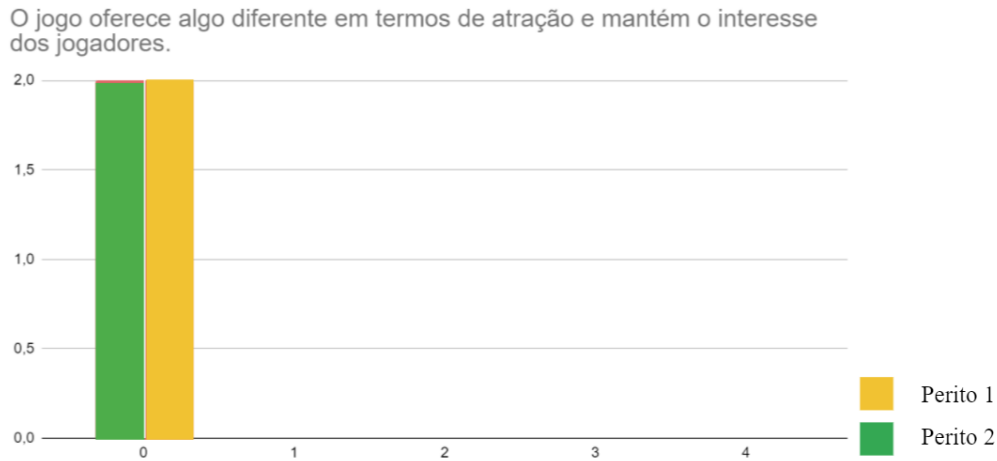


Figura 4.8: Gráficos das respostas às questões da heurística lúdica – Entretenimento

Imersão. Quanto à imersão, o Perito 1 acredita não se aplicar, pois não sentiu que havia imersão. Tendo em conta esta opinião, foi adicionado *feedback* sonoro e háptico quando o utilizador se aproxima de uma árvore no segundo desafio.

Tendo em conta essa nova versão, o Perito 2 não apontou nenhum problema de usabilidade e elogiou a implementação desse *feedback*.



Figura 4.9: Gráficos das respostas às questões da heurística lúdica – Imersão

Documentação/Tutorial. Em relação à presença de documentação e tutoriais na aplicação, o Perito 1 não encontrou nenhum problema, e o Perito 2 aponta apenas um pequeno problema quando se entra no ecrã do segundo desafio e não existir informação que deverá prosseguir inicialmente para o primeiro desafio. Sugere assim, criar um ecrã que explique e redirecione o utilizador.

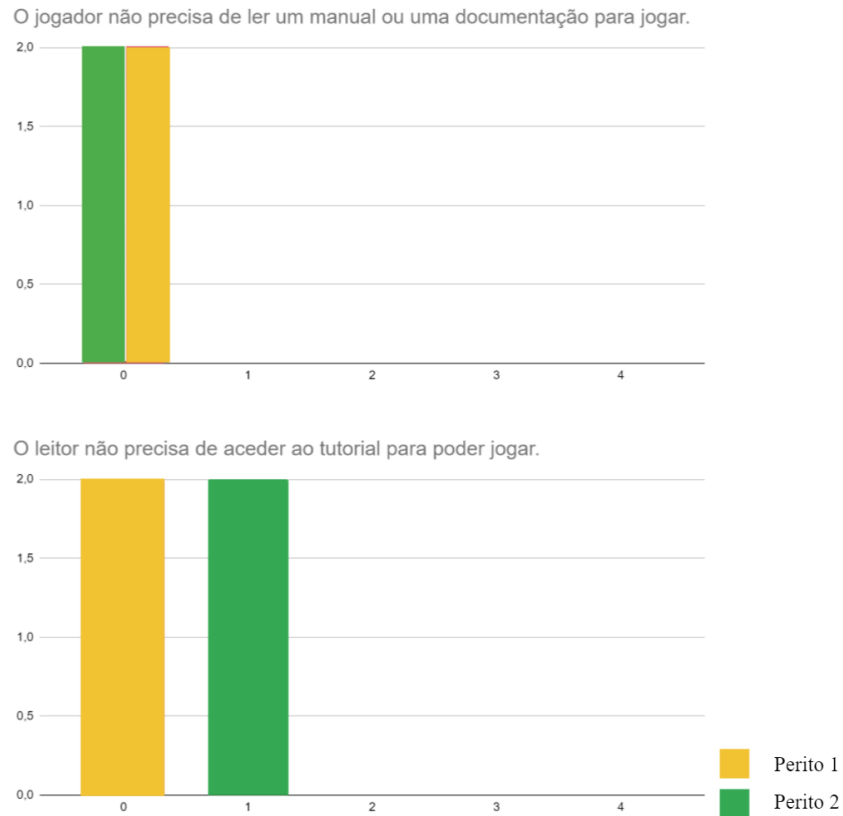


Figura 4.10: Gráficos das respostas às questões da heurística lúdica – Documentação/Tutorial

Estado e Pontuação. Nesta heurística apenas é apontado, de novo, pelo Perito 2 que os parâmetros da pontuação e precisão poderiam ser menos obscuros ao utilizador no primeiro contacto.

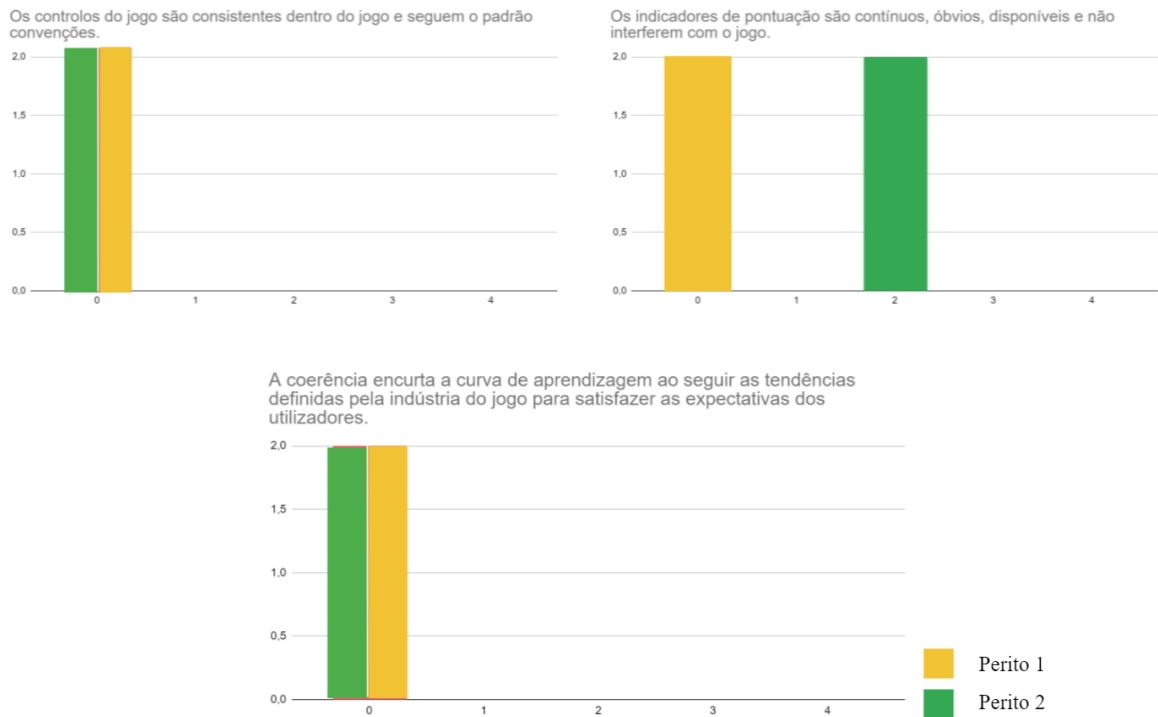


Figura 4.11: Gráficos das respostas às questões da heurística lúdica – Estado e Pontuação

Feedback. Apesar de alguns problemas mencionados anteriormente na secção dos objetivos, o Perito 1 não apontou problemas e o segundo é da opinião que o protótipo funcional dá “bons feedbacks e em tempo apropriado”.

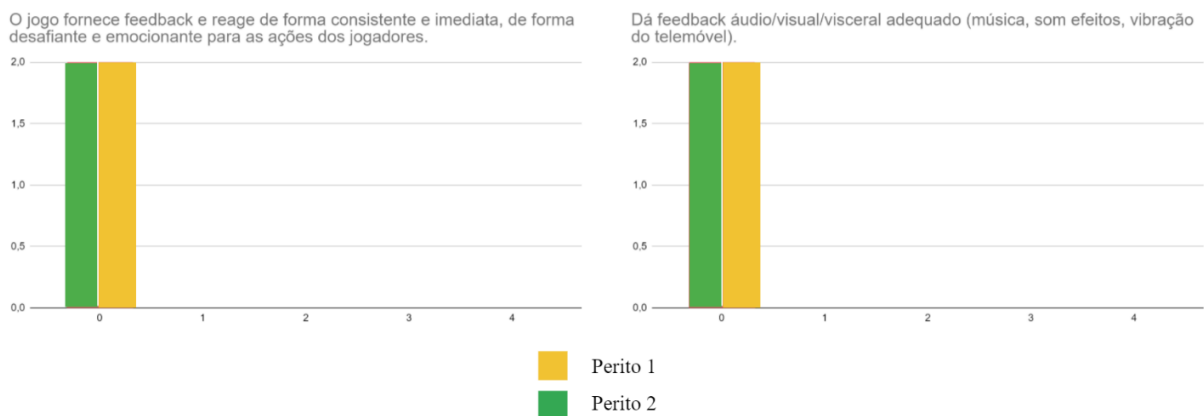


Figura 4.12: Gráficos das respostas às questões da heurística lúdica – Feedback

Layout do ecrã. Tendo em conta a disposição, responsividade do ecrã, integração, ser agradável visualmente e consistente e com arte que fala à sua função, o Perito 1 aponta alguns problemas na comunicação dos estados dos controlos relacionados com as cores assim como na composição. Esses problemas foram resolvidos parcialmente da versão 2.

O Perito 2 é da opinião que houve uma boa integração das ilustrações, ícones e tipografia ao longo da aplicação.

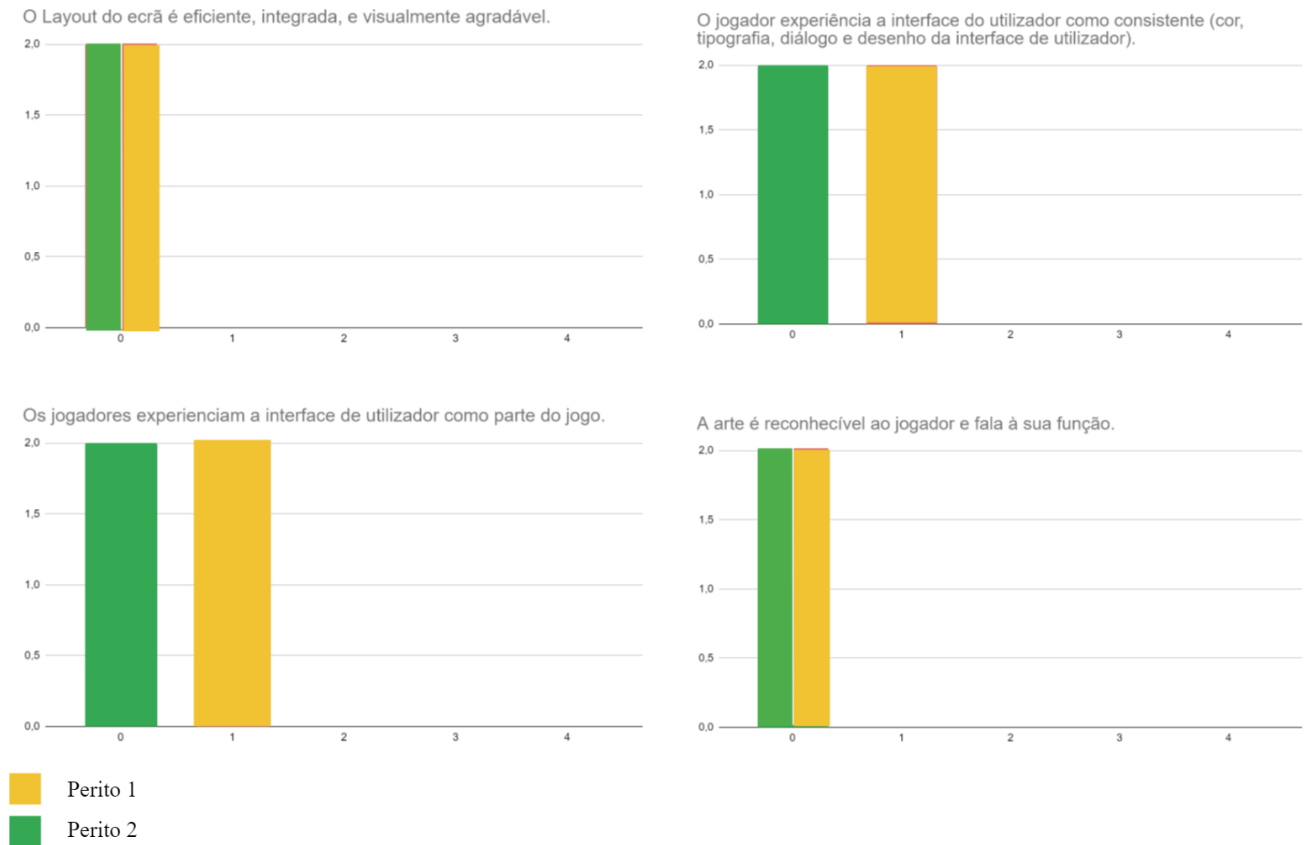


Figura 4.13: Gráficos das respostas às questões da heurística lúdica – *Layout do ecrã*

4.3.5 Resultados: Heurísticas de Usabilidade

Aqui são apresentados os dados das dez heurísticas de usabilidade de Nielsen (1994) que envolvem a usabilidade do protótipo funcional.

Visibilidade do estado do sistema. Nesta heurística avalia-se se o design mantém sempre os utilizadores informados sobre o que se está a passar, através de *feedback* apropriado dentro de um período de tempo razoável.

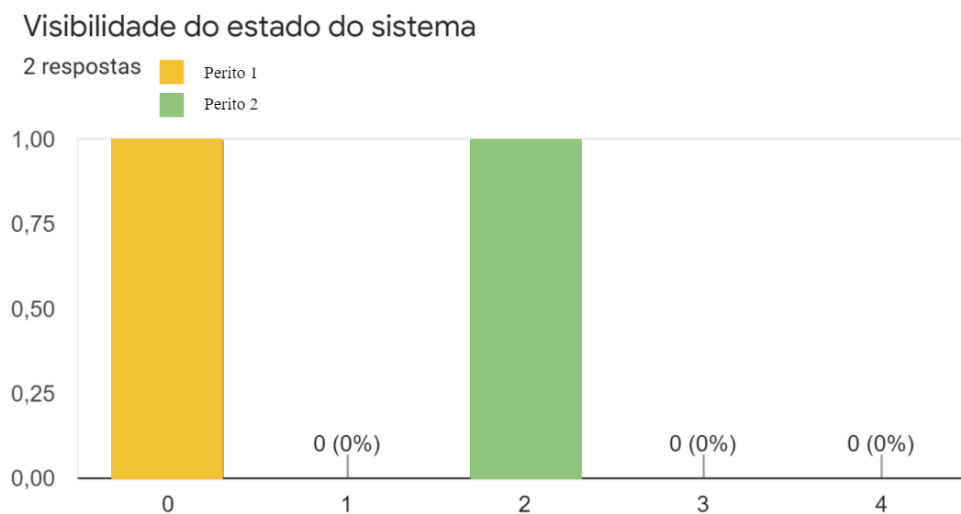


Figura 4.14: Gráfico gerado pelo *Google Forms* da heurística a visibilidade do estado do sistema

Para o Perito 2, há um pequeno problema de usabilidade no *feedback* na barra de navegação que indica em qual dos ecrãs se situa o utilizador. Esta funcionalidade foi desenhada no protótipo de alta-fidelidade, mas não no protótipo funcional. O Perito 2 recomenda a criação desse estado.

Combinação entre o sistema e o mundo real. Nesta heurística avalia-se se o design fala na língua dos utilizadores, utiliza palavras, frases e conceitos familiares ao utilizador, em vez de jargão técnico, se segue as convenções do mundo real, fazendo a informação aparecer numa ordem natural e lógica.

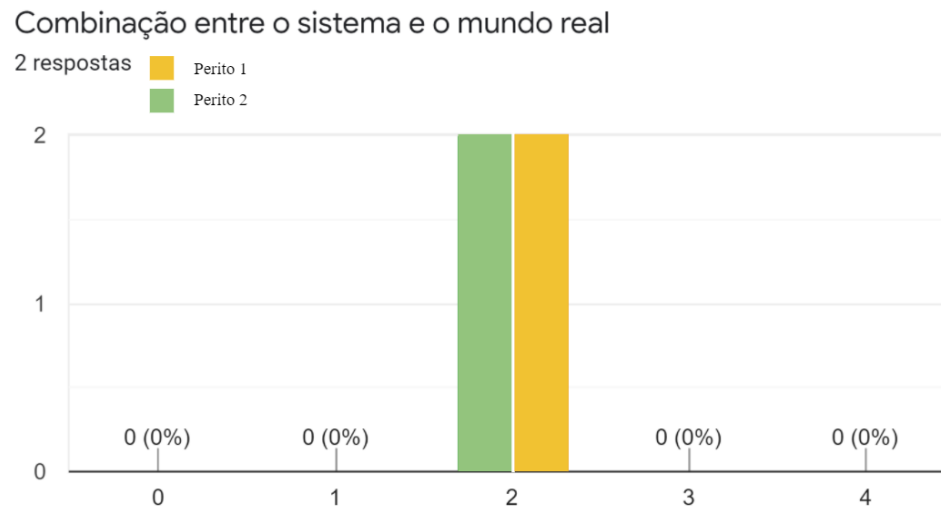


Figura 4.15: Gráfico gerado pelo *Google Forms* da heurística *combinação entre o sistema e o mundo real*

De acordo com o Perito 1, ainda precisava de algum trabalho para corrigir alguns dos problemas de usabilidade mencionados anteriormente.

O Perito 2, levanta preocupações com a simbologia de alguns ícones como a labareda na informação sobre as árvores, que significa resistência ao calor, e pode ser interpretado como resistência ao fogo. O Perito 2 recomenda colocar texto com o ícone ou trabalhar melhor o design (Figura 4.16).



Figura 4.16: Ícones da resistência ao calor e resistência ao frio

Controlo e liberdade do utilizador. Nesta heurística avalia-se se há uma saída de emergência e opções de retroceder ou refazer certas ações. Os peritos são da opinião que não há nenhum problema de usabilidade.

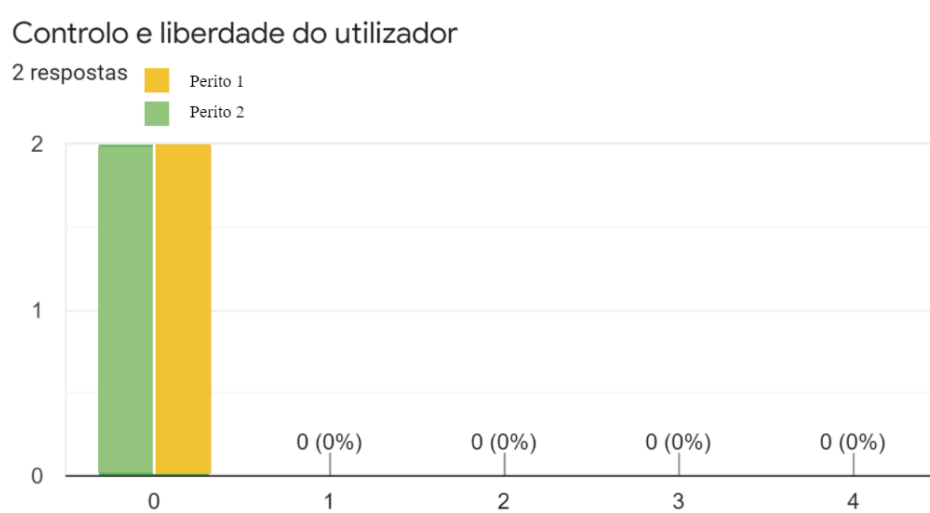


Figura 4.17: Gráfico gerado pelo *Google Forms* da heurística controlo e liberdade do utilizador

Consistência e normas. Nesta heurística avalia-se se o utilizador não tem de se perguntar se palavras, situações, ou ações diferentes significam a mesma coisa.

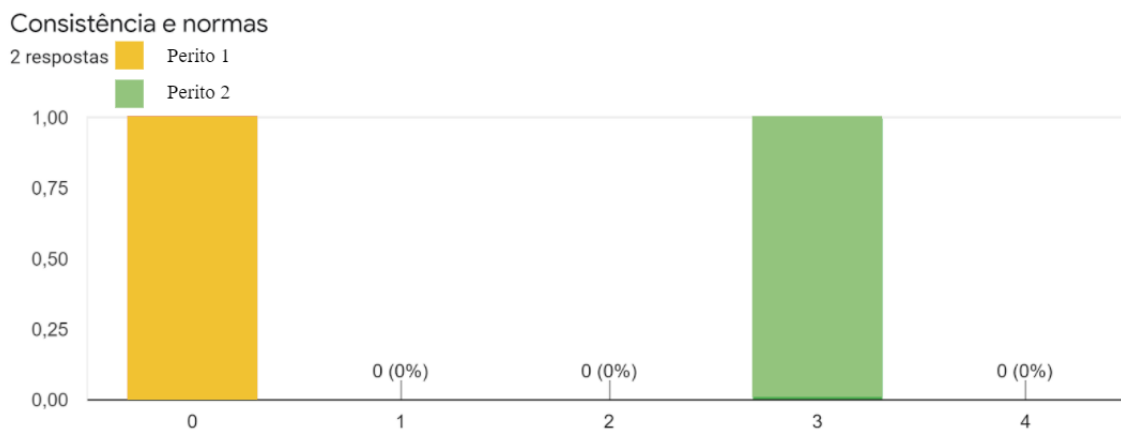


Figura 4.18: Gráfico gerado pelo *Google Forms* da heurística, consistência e normas

O Perito 2 é de opinião que existe um grande problema de usabilidade na iconografia que representa a Galeria da Biodiversidade e o Jardim Botânico. Sendo que vários ícones representam estes espaços, podem criar ambiguidade (Figura 4.19). Recomenda criar essa consistência mudando a iconografia que representam estes espaços.

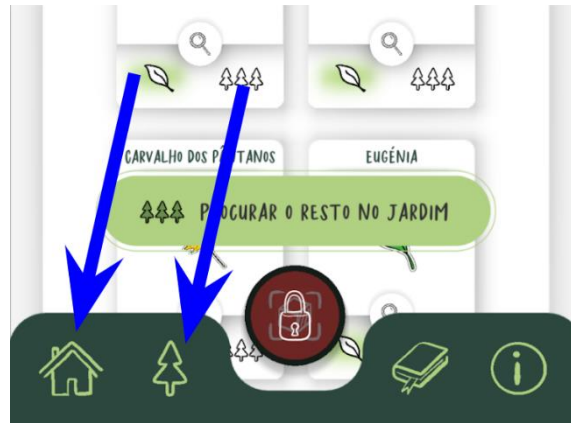


Figura 4.19: Diferença dos ícones que representam a Galeria da Biodiversidade e o Jardim Botânico do Porto

Prevenção de erros. Nesta heurística avalia-se se a interface elimina condições propensas a erros ou verifica a sua existência e apresenta ao utilizador uma opção de confirmação antes de se comprometerem com a ação.

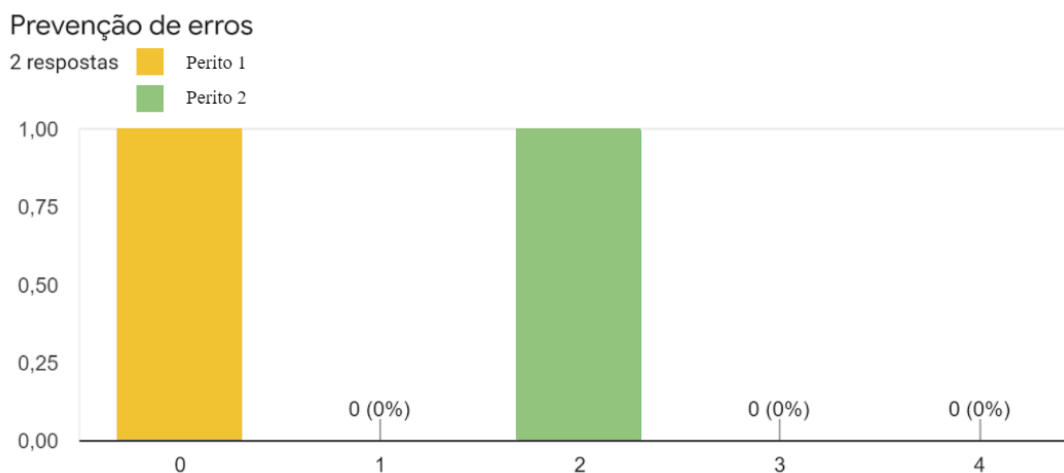


Figura 4.20: Gráfico gerado pelo *Google Forms* da heurística prevenção de erros

O Perito 1 não encontrou nenhum problema de usabilidade, possivelmente devido à falta de exploração nesse sentido.

O Perito 2 é da opinião que existe um pequeno problema de usabilidade quando o utilizador sai do primeiro desafio sem uma confirmação, temendo que o utilizador perca progresso. Contudo, as folhas que são encontradas são guardadas logo de modo a prevenir esta situação. De qualquer forma, o Perito 2 recomenda criar uma caixa de diálogo com essa confirmação para que não seja feita de forma involuntária.

Reconhecimento em vez de recordar. Nesta heurística avalia-se se há uma minimização na carga de memória do utilizador, tornando visíveis objetos, ações e opções.

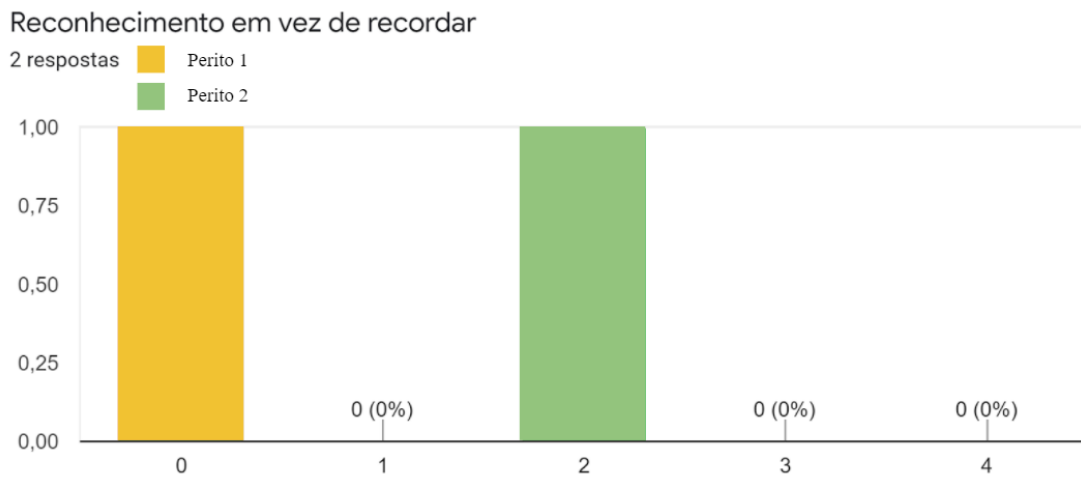


Figura 4.21: Gráfico gerado pelo *Google Forms* da heurística reconhecimento em vez de recordar

Para o Perito 2, há um pequeno problema de usabilidade ao faltar informação para lembrar aos utilizadores o que significam os ícones, focando no ícone da realidade aumentada que pode ser difícil de entender devido a esta ser uma tecnologia emergente, e nos ícones presentes no ecrã do *herbário* que significam se a folha ou árvore já foram encontradas (Figura 3.20). O Perito 2 recomenda o uso de texto associado à iconografia de modo que os utilizadores entendam o que significa e lembrem posteriormente.

Flexibilidade e eficiência de utilização. Nesta heurística avalia-se se a aplicação tem atalhos que permitam aos utilizadores a adoção de ações frequentes à sua medida. Devido à experiência ser mais ou menos linear esta heurística não se aplica tanto. Contudo, a barra de navegação pode-se aplicar aqui. Os peritos não encontraram nenhum problema de usabilidade nesta heurística.

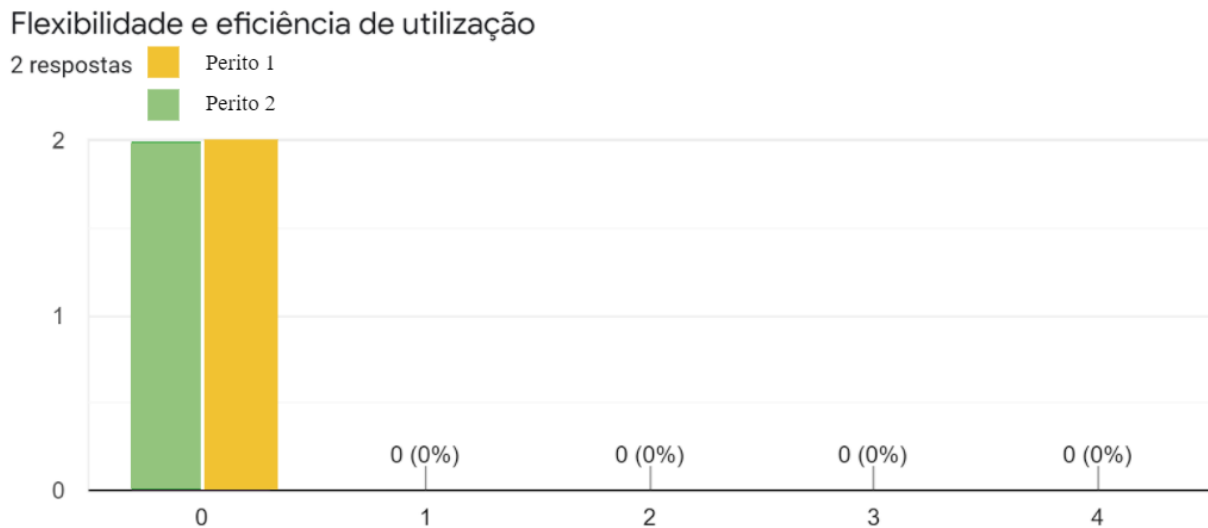


Figura 4.22: Gráfico gerado pelo *Google Forms* da heurística flexibilidade e eficiência de utilização.

Design estético e minimalista. Nesta heurística avalia-se se a aplicação não contém informação que seja irrelevante ou raramente necessária. Os peritos não encontraram nenhum problema de usabilidade nesta heurística.

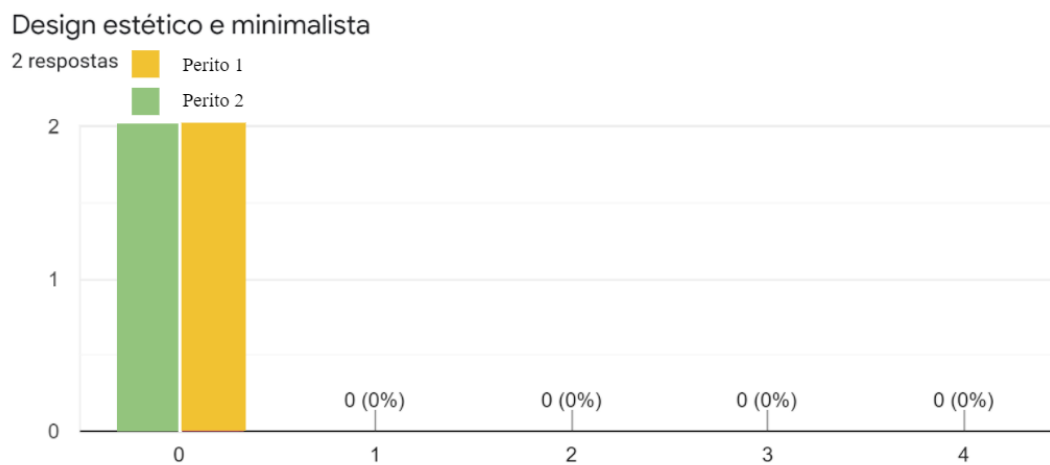


Figura 4.23: Gráfico gerado pelo *Google Forms* da heurística design estético e minimalista.

Ajudar os utilizadores a reconhecer, diagnosticar e recuperar de erros. Nesta heurística avalia-se se as mensagens de erro são expressas em linguagem simples (sem código), indica com precisão o problema, e sugere construtivamente uma solução.

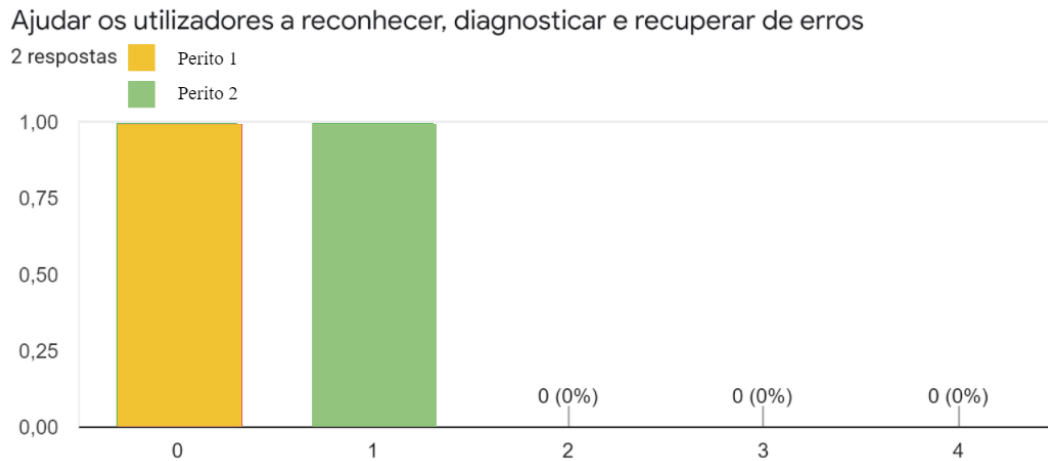


Figura 4.24: Gráfico gerado pelo *Google Forms* da heurística ajudar os utilizadores a reconhecer, diagnosticar e recuperar de erros.

O Perito 1 não explorou a possibilidade de erros o suficiente para dar uma opinião. O Perito 2 aponta como problema cosmético o facto de quando se ganha o primeiro desafio o ecrã voltar a propor de novo o desafio, mas acabar por ir para o ecrã de vitória. Isto deve-se ao facto de a cena reiniciar e não se lembrar deste estado e voltar para ele.

Nesta heurística, apesar de os peritos não terem explorado possíveis erros o suficiente para darem uma opinião mais profunda. Há consciência de que não foram feitos ecrãs de erros nem mensagens que indicam que o utilizador fez algo de errado. Como, por exemplo, desligar o GPS ou o não aceitar a permissão da câmara vai provocar erros que os utilizadores não irão saber como resolver e ter indicação deles.⁴⁴

⁴⁴ Estas questões estão apontadas para trabalho futuro, na secção 5.2.

Ajuda e documentação. Nesta heurística e última avalia-se se o protótipo funcional tem documentação ou tutoriais para ajudar os utilizadores. Os peritos não encontraram nenhum problema de usabilidade nesta heurística.

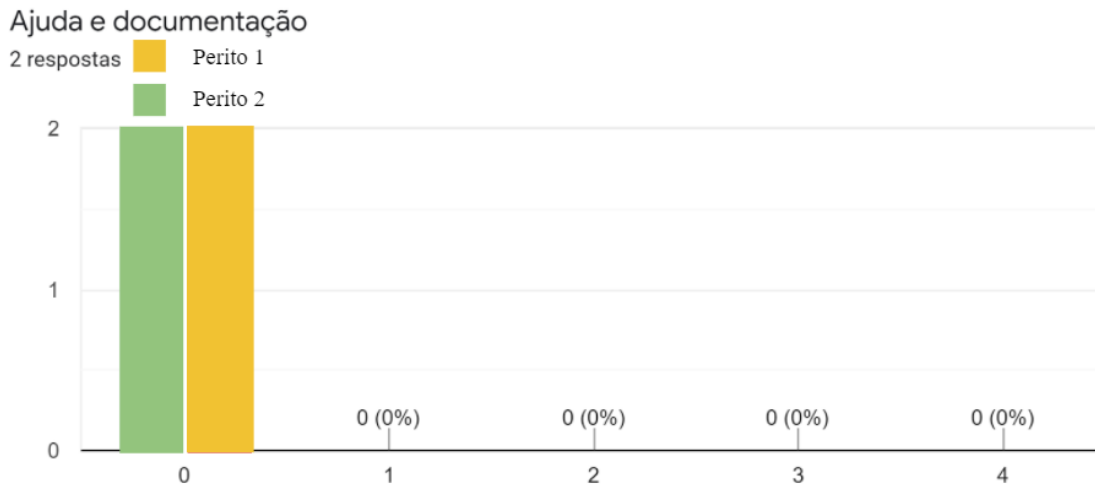


Figura 4.25: Gráfico gerado pelo *Google Forms* da heurística ajuda e documentação

4.4 Testes com Utilizadores A: Visitantes

A aplicação móvel (protótipo funcional) foi instalada nos telemóveis destinados aos testes e atualizada na *Play Store*, esta foi melhorada após os testes de usabilidade com o Perito 1 em design de interface de utilizador. Esta foi usada de modo a obter a opinião dos utilizadores em relação à aplicação.

4.4.1 Objetivos

1. Avaliar o seu envolvimento com a aplicação.
2. Avaliar a usabilidade da aplicação e potenciais dificuldades.
3. Entender o impacto da componente lúdica na comunicação da ciência e no envolvimento com objeto científico.
4. Entender o impacto da componente de realidade aumentada na comunicação da ciência e no envolvimento com objeto científico.

4.4.2 Procedimentos

Para a realização dos testes com utilizadores visitantes, seguiu-se um protocolo que pode ser consultado no Anexo A. Primeiramente foram convidados a participar e após aceitarem foram feitas algumas questões (Anexo B) e foram pedidos para assinar um consentimento para a gravação de uma entrevista que foi feita no fim da experiência. Ao ter as respostas apontadas e consentimento preenchido, foram encaminhadas para a exposição de botânica da Galeria da Biodiversidade (Figura 2.2). Após uma breve explicação foi indicado que começassem a interagir com a aplicação. Durante o seu uso foram feitos apontamentos em fichas de observação (Anexo B). No fim da experiência foi realizada a entrevista semiestruturada (Anexo E).

No fim da realização de todos os testes, os dados quantitativos das fichas de observação foram colocados numa tabela do *Google Sheets* e realizada a análise estatística. As entrevistas foram transcritas e colocadas numa tabela *Google Sheets* e foi realizada uma análise de conteúdo, obtendo dados qualitativos.

Os resultados dos dados em bruto desta análise podem ser consultados no Anexo D para os dados da observação e no Anexo E para as transcrições e respetivas questões das entrevistas semiestruturadas.

4.4.3 Caracterização da Amostra dos Participantes

Os testes realizados com os utilizadores foram compostos por pessoas contactadas previamente e pessoas que foram abordadas na Galeria da Biodiversidade enquanto a visitavam, num total de 12 participantes.

A maioria dos participantes eram adolescentes (Figura 4.26), contudo foram feitos testes a crianças e dois adultos também, de modo a ter uma perceção de como as idades influenciam a interação com a aplicação.

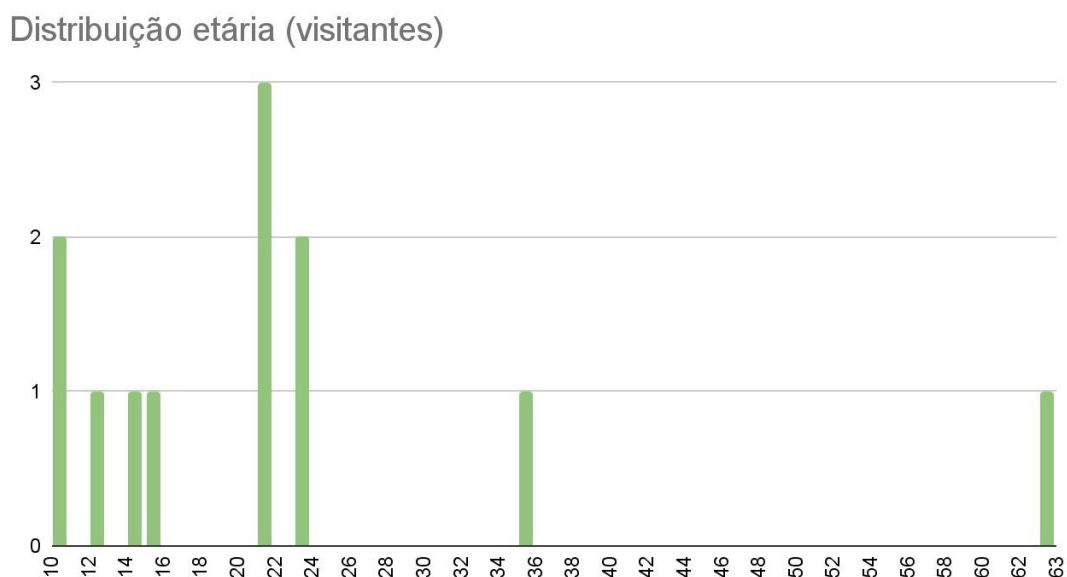


Figura 4.26: Gráfico da contagem de idades dos utilizadores (visitantes)

Os testes contaram com 7 estudantes (Figura 4.27) (2 de saúde, 2 de informática e 3 do ensino básico), com duas famílias (Figura 4.28) (apenas se contou aqueles que usaram a aplicação, sendo na primeira família contou-se o pai e na segunda contou-se os dois filhos), com um designer gráfico e casal de meia-idade (ao qual se contou um e apenas realizaram o primeiro desafio e recusaram entrevista).

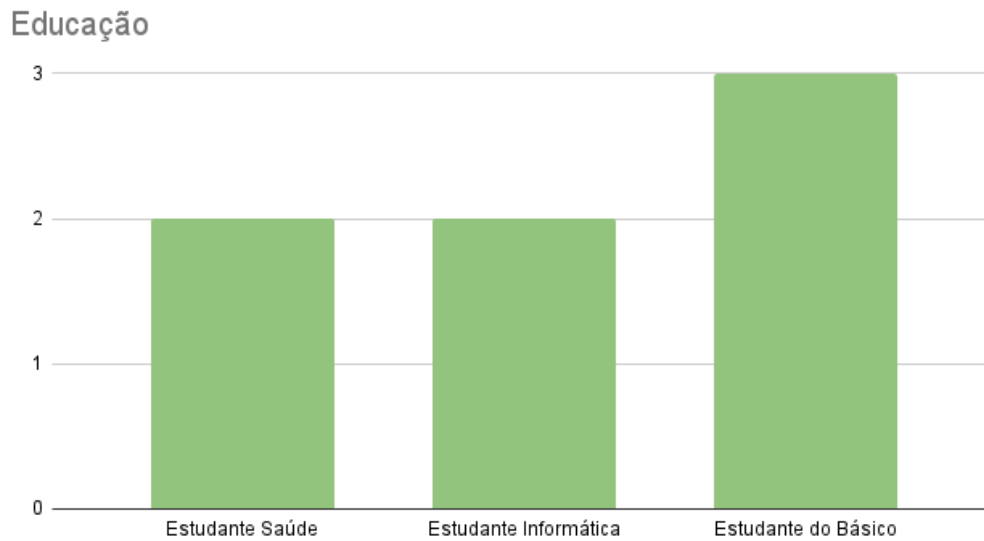


Figura 4.27: Gráfico do tipo de educação dos participantes estudantes

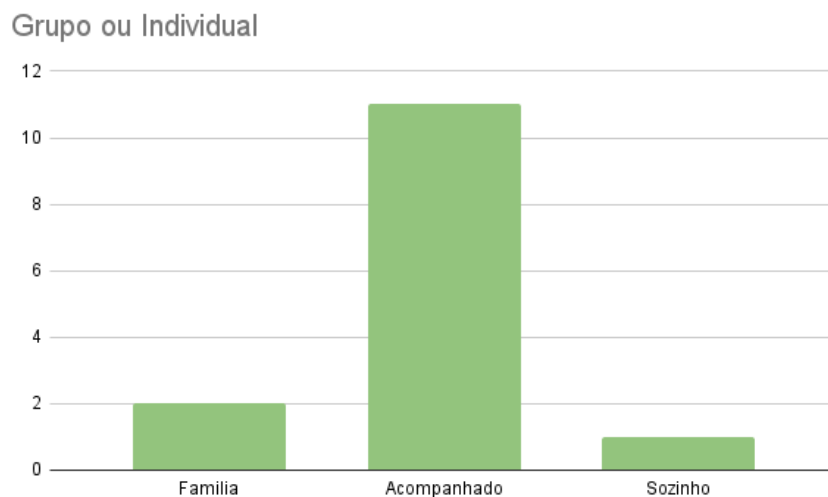


Figura 4.28: Gráfico da participação em grupo ou individual do participante

Quanto à experiência prévia com aplicações de realidade aumentada, 58,3% dos participantes disse já ter tido experiência e 41,7% não ter tido nenhuma. Aqueles que responderam não, foram 2 das crianças de 10 e de 14, 2 estudantes de saúde e 1 pessoa de meia-idade (Figura 4.29).

Já tem experiência com aplicações de realidade aumentada?

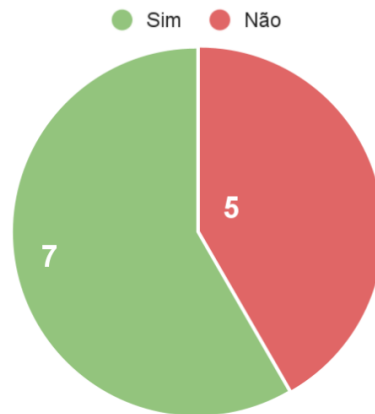


Figura 4.29: Gráfico da experiência dos utilizadores (visitantes) com aplicações móveis com realidade aumentada

Quanto à experiência prévia com o conteúdo científico, 4 responderam que sim e 8 disseram que não tinha nenhum conhecimento antes em relação ao assunto (Figura 4.30).

Já tem algum conhecimento sobre as árvores do Jardim?

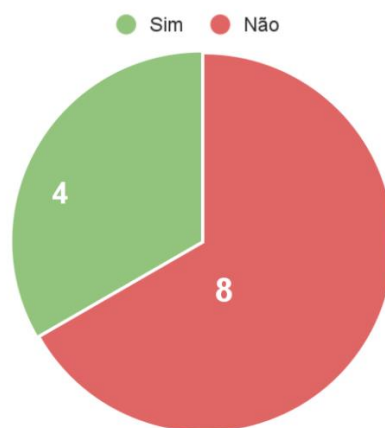


Figura 4.30: Gráfico da experiência dos utilizadores (visitantes) com o conteúdo científico

Em termos da experiência prévia com o espaço, apenas 5 ainda não havia visitado nem a Galeria da Biodiversidade, nem o Jardim Botânico do Porto (Figura 4.31).

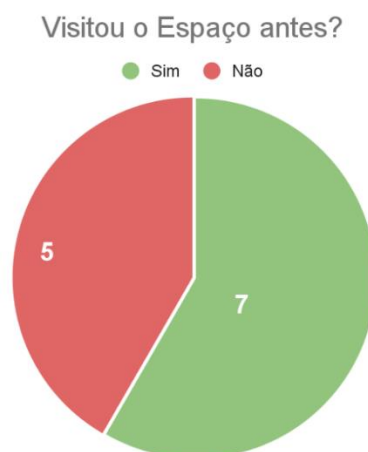


Figura 4.31: Gráfico da experiência dos utilizadores (visitantes) com o espaço

4.4.4 Resultados: Envolvimento Geral com o Objeto Científico

Tendo em conta que a aplicação procura entender a potencialidade deste tipo de aplicações quanto ao envolvimento com o objeto científico, e de modo a obter uma maior compreensão da utilidade geral da aplicação ao fazê-lo, foram feitas as seguintes observações presentes na Tabela 4.1. A observação foi avaliada com a escolha de duas opções: confirma-se, e não se confirma. Os resultados apontam para uma boa promoção da aprendizagem e a criação de entusiasmo com o objeto científico.

Na observação a) na Tabela 4.1, a avaliação foi realizada perante a preocupação e vontade demonstrada, dos utilizadores, em ler a informação fornecida da aplicação móvel. O único utilizador que não teve vontade de aprender foi uma criança de 10 anos que estava mais focada nos elementos visuais da aplicação e não tanto na informação textual.

Na observação b) na Tabela 4.1, a avaliação foi realizada perante a hesitação ou frustração demonstrada pelos utilizadores na sua jogabilidade nos desafios e interação no ambiente criativo.

Tabela 4.1: Dados relativos ao envolvimento geral com o objeto científico

Observações	Confirma-se	Não se confirma
a) A pessoa mostrou vontade de aprender?	14 (93.3%)	1 (6,7%)
b) A pessoa revelou entusiasmo durante o uso da aplicação?	15 (100%)	0 (0%)

Tendo em conta que os utilizadores poderiam terminar a experiência quando quisessem e descurar as outras atividades, foi observado quantas participantes efetivamente decidiram prosseguir (Figura 4.32). Apenas 2 dos participantes não quiseram realizar tudo e quiseram desistir. O primeiro foi o pai da primeira família, com um filho de 5 anos. Esta teve dificuldade em captar a atenção do filho e decidiram acabar mais cedo. O segundo participante a desistir fazia parte de um casal de meia-idade abordado, realizou o primeiro desafio, mas não quis ir para o segundo devido a problemas de mobilidade (doíam-lhes as pernas).

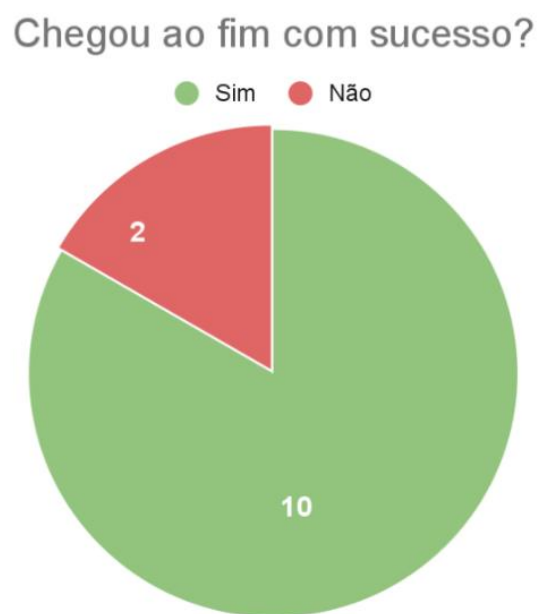


Figura 4.32: Gráfico do sucesso de realização das atividades propostas na aplicação móvel

Preferência dos Utilizadores (Desafio 1, 2 e Ambiente criativo)

De modo a entender de maneira geral que momento na aplicação marcou mais os participantes, no início da entrevista foi questionado qual das partes gostaram mais e gostaram menos. A maioria dos participantes, mais precisamente 8, disseram que gostaram mais do desafio do jardim (72,7%), sendo que apenas 2 participantes responderam que preferiram o desafio da galeria, e apenas 1 preferiu o ambiente criativo de realidade aumentada (Figura 4.33).

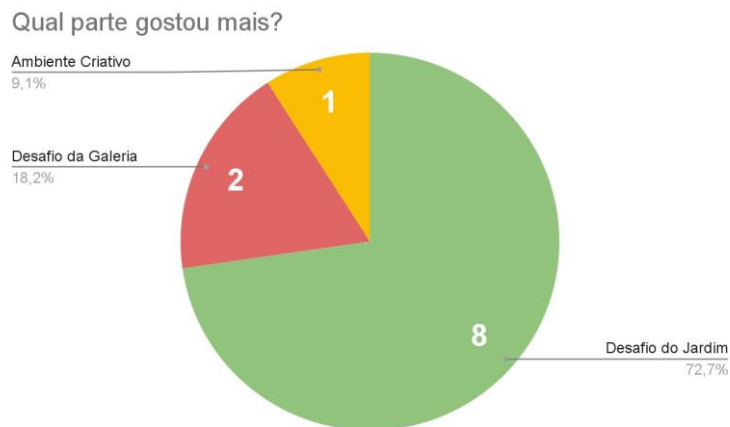


Figura 4.33: Gráfico da preferência positiva dos utilizadores (visitantes) quanto às partes da aplicação móvel

Quando questionados sobre o que gostaram menos, 4 participantes revelaram que não gostaram tanto do ambiente criativo de realidade aumentada, 3 participantes não gostaram do desafio da galeria, e apenas 1 participante do desafio do jardim. Os restantes 4 gostaram de tudo, não se aplicando o desagredo (Figura 4.34).

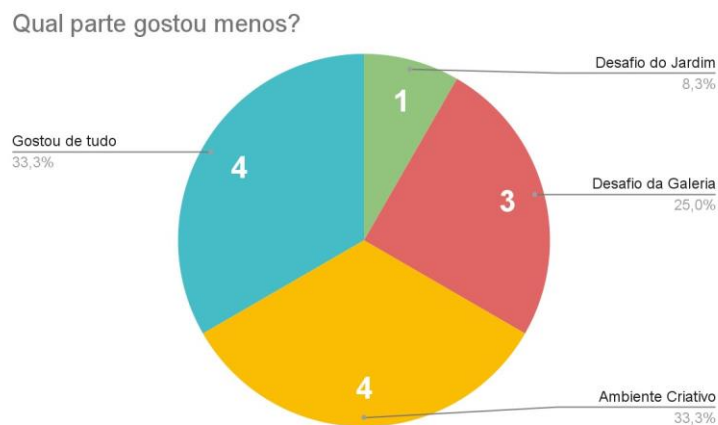


Figura 4.34: Gráfico da parte que os utilizadores (visitantes) gostaram menos

Aprendizagem

De modo a entender se os participantes eram da opinião que houve alguma retenção de conhecimento, foram questionados se aprenderam algo novo após usar a aplicação. Todos eles afirmaram que obtiveram informação nova.

Sim. Eu não sabia nem metade das folhas e agora tenho noção de muitas mais. (23 anos, Estudante de Engenharia Informática e Computação)

De seguida, os participantes foram questionados se eram da opinião que iriam se esquecer rapidamente daquilo que aprenderam e de como a aplicação pode ajudar a reter essa informação. Relativamente à opinião da persistência daquilo que aprenderam na memória, todos eles são da opinião que não iriam esquecer tão facilmente, contudo isto apenas mostra a intencionalidade de não querer esquecer a experiência, não se verifica de facto se vão reter a informação.

Eu acho que as partes que gostei mais eu vou lembrar durante um bom tempo, e até quando voltar ao jardim vou-me lembrar de tudo. (15 anos, Estudante do Ensino Básico)

Relativamente à questão de como a aplicação pode ter ajudado a reter essa informação, as respostas prendem-se essencialmente em três das funcionalidades da aplicação:

- informação visual como os desenhos das folhas ou ícones;
- informação simples e marcantes como as curiosidades sobre as árvores;
- colecionismo, que faz com que os utilizadores tentem encontrar todas as árvores.

O facto de ter o desenho da folha, como ela é e como encontrar, acredito que ajuda a reter e a lembrar. (21 anos, Estudante de Saúde)

A parte das curiosidades ajudou muito para perceber mais sobre as árvores e as folhas e para que é que elas serviram. Interiorizei melhor a informação. (15 anos, Estudante do Ensino Básico)

Se não tivesse a colecionar as folhas na parte da galeria provavelmente não ia olhar para metade dos nomes e a informação da aplicação também ajuda a reter mais informação. Ter recebido as notificações, ajuda a fazer uma conciliação com o que está no interior que aprendi de uma forma mais teórica. Consegue-se fazer uma ligação visual ao conhecimento técnico. (23 anos, Estudante de Engenharia Informática e Computação)

A aplicação ajudou a aprender esse novo conteúdo uma vez que era simples, sintético e foi algo engraçado e diferente do habitual. (21 anos, Estudante de Saúde)

Curiosidade em Conhecer mais Árvores

De modo a aferir a curiosidade pelo objeto científico após o uso da aplicação, os participantes foram questionados sobre se gostariam de conhecer mais árvores e as suas características após ter usado esta aplicação. As respostas foram de forma geral afirmativas, revelando interesse em que a aplicação pudesse expandir na sua coleção de árvores e afirmando que este tipo de aplicações criam maior motivação por “ter algo interativo que possa realizar para além de passear”. De notar que um dos participantes, estudante de engenharia informática computação acredita que “passar pelas árvores e receber uma notificação com informação” é uma “forma prática de aprender” e “gostava de conhecer mais árvores”, contudo este acredita que “não será isso que me faz ir ou não a um jardim”, mas “melhora a experiência”.

Potencial Social da Aplicação

Recordando a revisão de literatura, Simon (2010) diz que os artefactos nos museus podem servir de ponte social, encorajando as pessoas a conversarem através deles. Neste sentido, para aferir se os utilizadores poderiam conversar através do objeto científico, foi questionado aos participantes o que diriam aos seus amigos sobre a sua experiência com a aplicação. As respostas focaram-se mais na experiência que tiveram, sublinhando os elementos lúdicos como a exploração no jardim na procura das árvores e o incentivo para aprenderem, como eles, todas as árvores que interagiram.

Diria aos meus amigos sobre esta experiência que foi giro que temos de ir lá fazer jogos para ver quem ganha. Dir-lhes-ia que tínhamos de descobrir árvores e que possivelmente até poderíamos fazer o nosso próprio herbário (21 anos, Estudante de Saúde)

Diferente Percepção do Espaço após o Uso da Aplicação Móvel

De forma a entender a opinião dos utilizadores de como vão recordar ou experienciar o espaço após a experiência, foram questionados se iriam olhar de forma diferente para o espaço após utilizar a aplicação. Os utilizadores acreditam que vão recordar do espaço de forma diferente, isto porque “deu para experimentar coisas novas” e isso promoveu a sua “curiosidade” e “interesse”, criando uma experiência “mais divertida” do espaço. Apenas dois dos utilizadores negaram ser da opinião que irão olhar de forma diferente para o espaço, sendo que um deles diz que vai lembrar que terá “uma memória sobre ele e onde aprendi algo novo” e o segundo, uma criança de 10 anos, que admite esquecer-se rápido das coisas, mas “se não houvesse uma aplicação, não vinha” ao espaço.

Voltar aqui agora vai ser mais divertido e interessante quando voltar aqui com alguém
(15 anos, Estudante do Ensino Básico)

4.4.5 Resultados: Impacto da Componente Lúdica

De modo a avaliar o impacto da componente lúdica com o envolvimento com o objeto científico, foram realizados apontamentos em fichas de observação e entrevistas aos utilizadores.

Resultados Gerais

Os resultados nas fichas de observação (Tabela 4.2) são os seguintes:

- Na observação a), verifica-se que estão satisfeitos com o lúdico da aplicação 11 participantes. Sendo que 1 corresponde a um participante de 63 anos que não conseguiu ter mobilidade para executar os desafios, ficando frustrado.
- Na observação b), verifica-se que 5 dos utilizadores demoraram o seu tempo e quiseram ler atentamente. 7 dos utilizadores deram mais foco à competição e pontuação, ignorando totalmente a informação dada no intervalo de cada folha encontrada, mesmo não contando o tempo nesse intervalo.
- Na observação c), verifica-se que 10 dos utilizadores colecionaram todas as árvores das folhas que encontraram na Galeria da Biodiversidade. Sendo que apenas 1 corresponde um utilizador que desistiu a meio do segundo desafio. Este tratava-se de um pai que

não conseguiu devido ao filho de 5 anos querer ir para outro diferente que a aplicação sugeria, tornando-se difícil continuar.

- Na observação d), verifica-se que 10 dos utilizadores se sentiram motivados para jogar de novo. Apenas 2 dos utilizadores não tiveram motivação, correspondendo a, mais uma vez, ao pai com filho de 5 anos, que não quis estender a sua experiência devido à impaciência do seu filho e o utilizador de 63 anos com dificuldades de mobilidade.

Tabela 4.2: Resultados da ficha de observação relevantes ao impacto da realidade aumentada no envolvimento com o objeto científico.

Observações	Confirma-se	Não se confirmou
a) A pessoa aparenta estar satisfeita com a ludicidade da aplicação?	11 (91,7%)	1 (8,3%)
b) A pessoa tentou acabar o desafio da galeria em menos tempo / foi rápida?	5 (41,7%)	7 (58,3%)
c) No desafio do jardim, a pessoa colecionou todas as folhas que ganhou na galeria?	10 (90,9%)	1 (9,1%)
d) A pessoa quis jogar de novo no desafio da galeria?	10 (83,3%)	2 (16,7%)

Nas entrevistas, os utilizadores foram questionados sobre de que forma os elementos lúdicos da aplicação contribuíram ou não para a comunicação dos temas tratados, simplificando a questão para os utilizadores mais novos, focando naquilo que experienciaram e comparando a outras alternativas desprovidas de ludicidade.

Vantagens

Começando pelas contribuições do lúdico que os utilizadores pensam ser como positivas, a resposta mais comum entre os utilizadores foi que a aplicação os “motivou”, criou “mais interesse” e deu “mais emoção” à exposição de botânica presente na Galeria da Biodiversidade.

Dá mais emoção e motivação de ir atrás. Gostei de ver a informação enquanto jogava e não ser só uma árvore, mas uma coisa rica de conhecimento. (15 anos, Criança acompanhada pelos pais)

Focando mais em opiniões específicas, um utilizador da área do designer gráfico considerou que “observar e fazer as associações, entre o que estou à procura, o que estou a ver e o que é”, ajudou a tornar a experiência divertida e transforma algo “educativo em entretenimento e dá-me muita mais motivação”. Para uma estudante de saúde, os elementos lúdicos fazem “olhar de forma diferente e isso promove o interesse”. Neste sentido podemos assumir que para alguns utilizadores a informação apresentada de forma lúdica, assume uma dimensão mais de entretenimento do que de exposição. Esse entretenimento é promovido pelo design da aplicação móvel e mecânicas do jogo. Neste caso, a associação visual dos objetos na aplicação móvel com os artefactos do museu e no exterior, pode contribuir para reforçar a transmissão do conteúdo científico.

Para os utilizadores estudantes de engenharia informática e computação que estão mais habituados aos jogos e ao seu desenvolvimento, um deles considerou que os elementos lúdicos presentes na aplicação “incentivam as pessoas a competir e a querer serem melhores no que estão a fazer”, “passamos da aprendizagem de um método passivo para um ativo”. Para outro, considera que “haver um desafio motiva mais a encontrar a informação” e torna-a “faseada”.

Desvantagens

Focando agora nas desvantagens do uso de elementos lúdicos no envolvimento com o objeto científico, para um dos pais, que acompanhou os seus filhos, “a competitividade pode prejudicar o conhecimento, torna-se mais sobre os pontos e tempo que demoram” do que reter a informação sobre o objeto científico e que neste sentido estas aplicações podem “apostar mais na cooperação que na competitividade”. Uma estudante de saúde também considera que “se olharmos para eles (jogos) em forma de competição é mais difícil estar atento a todos os pormenores e informação em comparação a usarmos sozinhos a aplicação o que permite estar mais concentrado na informação que é transmitida”. Isto aponta para que a competitividade possa criar alguma pressa e remover a atenção no objeto científico.

Uma das desvantagens, é o facto da aplicação, com estes elementos lúdicos, focar a atenção dos utilizadores apenas na experiência, e de acordo um estudante do ensino básico: “tira um bocado de tempo de ver as outras coisas” e “usou-nos um pouco da nossa atenção”. Embora a aplicação use tecnologias pervasivas, um dos utilizadores considerou que uma das desvantagens é “ter de olhar para o ecrã mais vezes”.

Categorias de Jogadores de Bartle

Na revisão de literatura, foram abordadas quatro categorias de jogadores que, de acordo com Bartle (2005), resumem as ideias e motivações dos jogadores no que consideram um jogo divertido. Neste sentido, foram aferidas quais das quatro categorias que os 11 utilizadores visitantes mais se identificaram e entender se a aplicação conseguiu apelar a todos eles de forma a tornar a interação com o objeto científico mais completa. A maioria das respostas focou-se na exploração e na conquista (Figura 4.35).

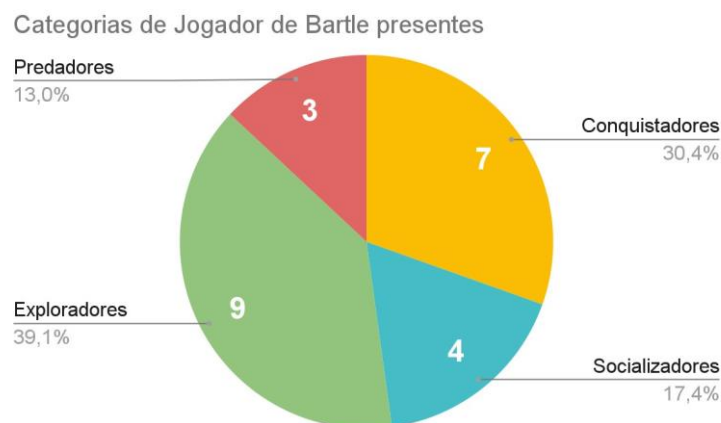


Figura 4.35: Gráfico das categorias de jogadores Bartle que os utilizadores (visitantes) se identificaram.

Dificuldade

Na revisão de literatura foi abordado a teoria de fluxo de Csikszentmihalyi (2008), este acredita que para uma pessoa obter o estado de fluxo necessita de um desafio equilibrado. A aplicação necessita, assim, de providenciar um desafio equilibrado e promover esse estado de fluxo, essencial para um bom envolvimento com o objeto científico. De modo a aferir isso, foi questionado aos utilizadores se os desafios propostos estavam à altura das suas competências e habilidades.

Em geral, a resposta foi que a aplicação providenciava esse equilíbrio, as pessoas não se sentiram nem facilitadas, nem frustradas com os desafios propostos.

Sim, não tive a perder tempo e percebi logo, fiquei muito mais envolvida. (23 anos, Designer Gráfico.)

Contudo, um utilizador, estudante de engenharia informática e computação, que escolheu a dificuldade mais difícil no desafio na Galeria da Biodiversidade, considerou que a aplicação foi muito difícil e causou alguma frustração.

É necessário ter cuidado para a dificuldade não desmotivar completamente a pessoa. Isso pode desmotivar quando se deixa de estar focado no conteúdo, mas sim na mecânica. Tentamos realizar a tarefa em vez de aprender a solução. (21 anos, Estudante de Engenharia Informática e Computação.)

4.4.6 Resultados: Impacto da Componente de Realidade Aumentada

De modo a avaliar a contribuição da realidade aumentada na comunicação de ciência, foram realizados apontamentos em fichas de observação e entrevistas que visam entender melhor a opinião das pessoas em relação à tecnologia de realidade aumentada que foi implementada na aplicação móvel.

Resultados Gerais

Os resultados nas fichas de observação (Tabela 4.3), na observação a) demonstram que 10 dos utilizadores ficaram satisfeitos com a implementação da realidade aumentada. Este parâmetro foi avaliado perante a sua experiência com a tecnologia, tendo em conta a frustração e entusiasmo demonstrado.

Quanto ao ambiente criativo de realidade aumentada, na observação b), 9 dos utilizadores demonstraram estar envolvidos. Este parâmetro foi avaliado perante a sua utilização, demonstração de frustração, tempo demorado e vontade de querer partilhar ou guardar a imagem que fizeram ao fim. O único utilizador que não se sentiu envolvido, usou de forma breve o ambiente criativo e não quis repetir nem guardar ou partilhar a sua criação, apresentando dificuldades na interação com a manipulação dos objetos.

Nesta observação c), foi aferido se os utilizadores mostraram necessidade de encaixar a imagem da folha que é mostrada em realidade aumentada no desafio da Galeria da Biodiversidade com a folha na vitrine. Neste sentido, o utilizador toma partido da realidade aumentada para comparar a imagem da folha digital com a folha real criando uma maior ligação entre as duas e facilitando a sua deteção. Na observação foi analisado que 10 utilizadores apresentaram esse comportamento. Com isto é possível afirmar que a realidade aumentada torna a associação da informação um processo mais facilitado.

Tabela 4.3: Resultados da ficha de observação relevantes ao impacto da realidade aumentada no envolvimento com o objeto científico

Observações	Confirma-se	Não se confirmou
a) A pessoa aparenta satisfeita com a potencialidade da aplicação, nomeadamente a realidade aumentada?	10 (83,3%)	2 (16,7%)
b) A pessoa sentiu-se envolvida no processo criativo no ambiente criativo de realidade aumentada?	9 (90%)	1 (10%)
c) A pessoa sentiu necessidade de encaixar a imagem da folha na aplicação com a folha na exposição na galeria?	10 (83,3%)	2 (16,7%)

Nas entrevistas, devido à complexidade do tema e diferentes conhecimentos entre idades, algumas das questões foram simplificadas para os participantes mais novos, fazendo referência com aquilo que interagiram em específico. Começando pela opinião geral, os participantes são da opinião que o uso da tecnologia de realidade aumentada os ajudou a “aprender mais” e a “consolidar” a informação que interagiram.

A realidade aumentada ajudou a aprender mais uma vez que consolidou as minhas aprendizagens. (21 anos, Estudante de Saúde)

Vantagens

Os participantes também deram alguma perspetiva de como a realidade aumentada ajudou nesse sentido. A informação se não for usada em algo prático pode ser mais difícil ficar na memória. Dessa forma, a praticabilidade da realidade aumentada pode ajudar nesse aspeto. O facto de a informação ser apresentada no seu contexto pode evitar uma o cansaço pelo excesso de informação visual e ser mais simples de digerir.

O ser humano se não for obrigado a utilizar num conceito prático algo que aprendeu vai se esquecer mais rápido. Ter algo que proporciona uma ligação do conhecimento teórico que é a folha e a procura por ela e as informações à parte prática que é andar pelo jardim e ver o mundo real com árvores ajuda muito mais a consolidar. Para além disso, se as informações não fossem mostradas no sítio onde está a folha eu via um texto corrido e provavelmente iria ignorar metade da informação. Encontrar a folha e

receber informação não é uma sobrecarga visual. É mais faseada na passagem de informação. (23 anos, Estudante de Engenharia Informática e Computação)

Ver fisicamente algo sobre o qual estás a aprender facilita muito mais o processo. Ajuda a absorver mais, tornando-se mais fácil de digerir a informação. (21 anos, Estudante de Engenharia Informática e Computação)

Outro aspeto que parece ser importante é a informação ser apresentada mais visualmente que de forma textual. É previamente referido que ajuda na sobrecarga visual, mas de igual forma, para os participantes também tem potencialidade de ser mais facilmente reconhecida e podendo assim, ajudar na consolidação da informação. Para um pai, ter esta informação visual e ser colocada no seu contexto facilitou-lhe a explicação dos assuntos tratados ao filho.

Deu-nos informação visual que é mais fácil de obtermos a informação e foi mais fácil também de explicar ao nosso filho. (35 anos, pai de um filho de 5 anos)

Na revisão de literatura, foi referida a contextualização da realidade aumentada na computação ubíqua onde a interação com a tecnologia passa a agir como uma forma mais natural e ao ponto em que os participantes não se apercebem da sua existência. Para um dos participantes, esta ubiquidade é uma vantagem da realidade aumentada no envolvimento com o objeto científico.

Porque é preciso observar o que está à nossa frente no mundo real, e deixas de olhar tanto para o ecrã. (23 anos, Designer Gráfica)

A realidade aumentada aliado ao lúdico torna a experiência mais “divertida” e isso pode ajudar a fomentar a aprendizagem.

Pela diversão, colocar as folhas foi engraçado, ajudou a aprender. (15 anos, filha acompanhada pelos pais) Imenso, é melhor usar o telemóvel, torna a coisa mais divertida. (12 anos, Estudante do Básico)

Desvantagens

Contudo, esse envolvimento acrescido parece ter algumas desvantagens. Para uns pais que acompanhavam o seu filho de 5 anos, esse envolvimento acabou por distrair e foram incapazes de envolver também o filho. Tendo quase uma guerra de atenção entre a aplicação móvel e o filho.

Outra preocupação por parte de outra utilizadora é a segurança da aplicação em espaços abertos. Devido à sua envolvimento o utilizador pode-se distrair e ignorar alguns perigos no mundo real. As notificações que foram implementadas na aplicação também parecem ser intrusivas para quem simplesmente deseja passear e não estar totalmente envolvido.

(...) tira-nos a atenção toda. (35 anos, Pai de filho de 5 anos)

A questão das notificações poderem ser um pouco intrusivas se a pessoa pretender apenas passear e caso seja uma criança pode haver o risco de deixar cair o telemóvel. Mas no geral considero a RA segura se for num espaço fechado. Num espaço aberto pode acontecer a pessoa estar demasiado focada no telemóvel e poder bater contra algo ou cair. Mas se fosse assim mapas também seriam perigosos por isso no geral considero bastante seguro. (23 Anos, Estudante de Engenharia Informática e Computação)

Por fim, outras desvantagens que os participantes apontam, prendem-se na preocupação de uma possível dificuldade de utilização e compreensão num público mais idoso. Contudo, embora este, em geral, não tenha tanto à vontade com a tecnologia, um casal de meia-idade foi observado na realização do desafio presente na Galeria da Biodiversidade. O casal, sendo um dos participantes com 63 anos, acabou por concluir com sucesso o desafio e sem ajuda. Este diferenciou-se no manuseamento do dispositivo, usando duas mãos, e no tempo que demorou. Este não quis entrevista nem seguir para o próximo desafio devido às condições de mobilidade. Nesse sentido, parece realmente haver uma dificuldade em parte da aplicação que envolve a tal mobilidade.

Se for um idoso acho que não vai conseguir, mas talvez a app não esteja pronta para todas as idades. (21 anos, Estudante de Saúde)

Uma desvantagem é o público-alvo, os meus avós não iriam saber usar nem perceber. Pensariam que é bruxaria. (23 anos, Designer Gráfica)

Outra das desvantagens é a possibilidade de falha do sistema (realidade aumentada) e de usabilidade e falta de acessibilidade a mais pessoas devido às suas exigências computacionais, nem todos os dispositivos conseguem oferecer a experiência ou oferecer de modo adequado. Na observação em que foram usados telemóveis próprios, a experiência nem sempre foi satisfatória e alguns erros gráficos acabaram por acontecer.

(...) desvantagens passam por os possíveis inconvenientes de alguma coisa poder demorar mais tempo a abrir ou a falhar. (21 anos, Estudante de Saúde)

Uma desvantagem poderá ser o facto de nem todas as pessoas terem acesso a este tipo de tecnologia tornando-se limitado. Nem todos os telemóveis conseguem suportar esta aplicação. (21 Anos, Estudante de Engenharia Informática e Computação)

4.4.7 Resultados: Uso da Aplicação

Durante o desenvolvimento da aplicação móvel surgiram dois motivos de preocupação relativamente à usabilidade. O primeiro foi a capacidade de deteção da folha na exposição de botânica na Galeria da Biodiversidade. A tecnologia ainda não é perfeita e originou bastantes problemas técnicos, que foram resolvidos por tentativa e erro. Um dos exemplos mais relevantes foi o quando uma das luzes nas vitrines fundiu, causando uma mudança ligeira de sombreamento nas folhas, o que fez transformou a aplicação parcialmente inutilizável. Nesse sentido foi criada uma salvaguarda para esses eventos ao adicionar um botão para saltar a folha, isto é, a folha fica marcada como encontrada e o utilizador não irá ser proposto para a encontrar de novo. Esta salvaguarda pode resolver esses problemas técnicos.

O segundo motivo de preocupação relativamente à usabilidade, foi uma dificuldade na orientação dos participantes devido à tecnologia de geolocalização. Esta é igualmente imperfeita e sujeita a criar diferentes experiências de usabilidade devido à precisão do GPS. Falha ou mau funcionamento destes componentes e outros podem causar disrupção e frustração na experiência dos participantes, danificando tanto o envolvimento como o foco no objeto científico e por sua vez criar uma má experiência.

Resultados Gerais

Os resultados nas fichas de observação (Tabela 4.4) demonstram que no desafio da Galeria da Biodiversidade houve de facto algumas dificuldades técnicas o que levaram a 4 participantes a premir o botão de saltar uma ou mais folhas. Estes não carregaram por acidente, carregaram por mesma necessidade. Apesar de muitos participantes verem a sua existência, ignoraram e tentaram encontrar a folha a todos os custos e tempo. Com isto é possível deduzir que este tipo de salvaguardas são essenciais e não quebram o envolvimento.

No desafio presente no Jardim Botânico do Porto, a experiência correu bem em relação à geolocalização, não houve muitos casos de falha do GPS nem momentos em que o utilizador se sentiu perdido. Na Tabela 4.4 podemos observar que apenas 2 dos participantes sentiram dificuldades, mas isto deveu-se à falta, em momentos, de precisão do GPS. Em algumas situações as pessoas estavam na árvore e só quando a circundam, o dispositivo móvel finalmente a detetava. Com isto, podemos verificar que, embora a tecnologia não seja perfeita e possa causar alguma frustração inicial (não se devendo à capacidade de orientação do utilizador), as imprecisões e falhas são um pouco salvaguardadas com o entusiasmo e envolvimento do utilizador que o motiva a prosseguir.

Tabela 4.4: Resultados da ficha de observação relevantes à usabilidade da aplicação

Observações	Confirma-se	Não se confirmou
a) A pessoa teve necessidade de saltar uma ou mais folhas no desafio da galeria?	4 (33,3%)	8 (66,7%)
b) No desafio do Jardim, a pessoa teve dificuldade em orientar-se?	2 (16,7%)	13 (83,3%)

Nas entrevistas foram feitas outras questões que levantaram de igual forma alguma preocupação relativamente à usabilidade. Mais concretamente a usabilidade com a realidade aumentada no ambiente criativo de realidade aumentada. Sendo uma tecnologia emergente, sem muitas referências e uso por parte dos participantes devido a algumas limitações ainda presentes, foi importante aferir a sua interação. No fim é feita uma questão geral de modo a obter sugestões e dificuldades sentidas.

Foi questionado aos participantes a seguinte questão: Achou natural a interação com a realidade aumentada no ambiente criativo?

Em geral, os participantes expressaram a sua satisfação com este ambiente, gostaram de poder criar e ficaram surpresos com as folhas ficarem no mundo real sem se moverem.

Sim, achei bem preciso e as coisas ficavam muito naturais no mundo. (23 anos, Designer Gráfica)

Sim. Achei natural a interação, consegui fazer o que queria. (21 anos, Estudante de Saúde)

Foi bastante simples. Gostei muito de criar. (15 anos, Filha acompanhada pelos pais e irmão)

Houve também quem, inicialmente tivesse dificuldade, mas ao longo do seu uso foi aprendendo e tivesse mais facilidade. Com isto podemos aferir que há uma curva de aprendizagem presente. Após ultrapassar essa curva alguns participantes sentem-se mais envolvidos e capazes.

No início foi difícil, tive de ler o tutorial. Tinha dificuldade em perceber o espaço, mas depois de aprender fiquei com vontade fazer mais. (14 anos, Estudante do Ensino Básico)

Foi difícil, mas à medida que ia usando ia aprendendo. Foi natural para mim. Era complicado de posicionar as folhas (12 anos, Estudante do Ensino Básico)

Para além do conteúdo existente, houve vontade por parte de alguns participantes de expandir a experiência levando-a para outros temas como a fauna ou outro tipo de flora como flores.

Gostaria de ter também flores na realidade aumentada e poder mover mais coisas. (21 anos, Estudante de Saúde)

Gostaria de criar um espaço, tipo um campo e poder ter animais e coisa para cuidar. Seria engraçado. (10 anos, Filho acompanhada pelos pais e irmã)

No entanto, apesar de alguns participantes ficarem satisfeitos, houve alguns que mostraram preocupação com a interação, no que diz respeito à percepção do espaço devido ao uso das duas dimensões, o 2D quando se movem as folhas e o 3D de onde elas ficam.

Para um participante do mestrado integrado engenharia informática e computação de 23 anos, o “2D e 3D não combinam da melhor forma.” e “(...) não sinto a necessidade de mover e colocar em outras partes do mundo real porque o maior problema é não conseguir colocar as folhas uma a uma. Ia demorar muito tempo. Não se torna muito prático. Seria complicado fazer algo mais complexo se for esse o objetivo”. Neste sentido, a maior dificuldade parece ser a percepção do espaço e o tempo em que se demora a colocar os objetos. Como solução, este participante sugere poder “fazer um postal e enviar para alguém ou então na árvore mudar para modo 3D em que o público dava a densidade (a árvore 3D quando tocada, iriam fazer crescer folhas nesse local)”.

Outro participante, de 21 anos, estudante de saúde, também não gostou da interação, dizendo que “(...) queria apanhar a folha e não percebi como.”. Dando ela também uma sugestão de: “Se desse para definir previamente o tamanho das folhas e como a queria seria melhor, assim poderia criar uma árvore. Assim tenho de pôr uma a uma e mudar o tamanho. Gasta muito tempo e no fim vai ficar feia em relação às folhas do jardim que são bonitas”.

Apesar destas preocupações, os participantes demonstraram motivação e entusiasmo. O facto de quando estarem a colocar as folhas estarem a associar a imagem e o nome pode ajudar na retenção e consolidação do conhecimento.

O facto de ter o desenho da folha, como ela é e como encontrar acho que ajuda a reter e a lembrar. (21 anos, Estudante de Saúde)

Quanto à questão sobre as dificuldades que participantes experienciaram durante o uso da aplicação, os participantes demonstraram dificuldades em:

- Encontrar a árvore no desafio presente no Jardim Botânico do Porto, sugerindo que poderia ter a foto da árvore do jardim em vez de uma de acesso livre, ou uma foto da folha, que iria promover a observação e identificação das árvores baseado nas folhas.
- Rever a informação no desafio presente no Jardim Botânico do Porto. Sugerindo a informação aparecer quando o participante encontra a árvore e ter um tempo de espera obrigatório para poder ler antes de poder prosseguir.

Tive dificuldade em entender onde estava a árvore, podiam ter a folha em vez da árvore, isso ia ajudar mais. (21 anos, Estudante de Saúde)

A app podia ter dois modos, um modo competir e um modo explorar. Também podia conter um tempo mínimo para a pessoa ter de ler (precisa de 5min para poder ler). (15 anos, Filha acompanhada pelos pais e irmão)

4.5 Testes com Utilizadores B: Profissionais do Museu

De igual forma aos utilizadores visitantes, a aplicação móvel (protótipo funcional) foi instalada nos telemóveis destinados aos testes e atualizada na *Play Store*, esta foi melhorada após os testes de usabilidade com o Perito 1 em design de interface de utilizador. Esta foi usada de modo a obter a opinião dos utilizadores em relação à aplicação. Esta versão foi usada de modo a obter a opinião de 4 participantes. Entre eles, 3 são colaboradores na Galeria da Biodiversidade e 1 colaborador externo do Jardim Botânico do Porto que ajudou a fornecer as informações para a aplicação.

4.5.1 Objetivos

Com isto é esperado obter o seguinte:

1. Informação sobre o seu envolvimento com a aplicação.
2. Informação sobre a usabilidade da aplicação e potenciais dificuldades no seu uso.
3. Entender o impacto da componente lúdica na comunicação da ciência e no envolvimento com objeto científico.
4. Entender o impacto da componente de realidade aumentada na comunicação da ciência e no envolvimento com objeto científico.
5. Entender a sua opinião sobre a relevância e pertinência da aplicação móvel do seu uso no espaço museológico na Galeria da Biodiversidade.

4.4.2 Procedimentos

Para a realização dos testes com os utilizadores profissionais do Museu, seguiu-se um protocolo que pode ser consultado no Anexo A. Primeiramente foram convidados a participar e após aceitarem foram feitas algumas questões (Anexo B) e foram pedidos para assinar um

consentimento para a gravação de uma entrevista que foi feita no fim da experiência. Ao ter as respostas apontadas e consentimento preenchido, foram encaminhadas para a exposição de botânica da Galeria da Biodiversidade (Figura 2.2). Após uma breve explicação foi indicado que começassem a interagir com a aplicação. No fim da experiência foi realizada a entrevista semiestruturada (Anexo E). No fim da realização de todos os testes, os dados quantitativos das entrevistas foram transcritos e colocados numa tabela *Google Sheets* e foi realizada uma análise de conteúdo.

Os resultados brutos dos dados desta análise podem ser consultados no Anexo D para os dados da observação e no Anexo E para as transcrições e respetivas questões das entrevistas semiestruturadas.

4.5.3 Resultados: Envolvimento Geral com o Objeto Científico

As contribuições da componente lúdica como a componente da realidade aumentada no envolvimento com o objeto científico foram avaliadas com estes utilizadores, recorrendo a entrevistas de modo a aferir a sua opinião sobre a aplicação. Foram realizadas questões à semelhança dos testes com utilizadores visitantes (secção 4.4) e mais algumas questões contextualizadas no espaço museológico onde trabalham e a pertinência da aplicação neste espaço.

Nesta secção é aferido o envolvimento geral destes utilizadores com o objeto científico no uso da aplicação móvel, de modo a obter uma maior compreensão da utilidade geral da aplicação ao fazê-lo.

Preferência dos Utilizadores (Desafio 1, 2 e Ambiente Criativo)

Na primeira questão das entrevistas, questiona-se a parte que gostaram mais e gostaram menos, nomeadamente o desafio na Galeria, do jardim e o ambiente criativo de realidade aumentada. Na sua maioria preferiram o desafio do jardim. E o desafio na Galeria menos porque estes estão habituados a ver regularmente a exposição botânica presente na Galeria da Biodiversidade onde trabalham. De acordo com um dos utilizadores, de 32 anos, colaborador na galeria, “procurar num ambiente maior e procurar em relação a uma coisa que já vimos, fazendo uma ligação entre dois espaços, o interior e o exterior”, é um ponto importante no envolvimento geral com o objeto científico.

Aprendizagem

Na segunda questão das entrevistas, questiona-se se aprenderam algo novo mesmo eles trabalharem no espaço. Apenas dois dos utilizadores dizem ter aprendido enquanto outro apesar de não estar com atenção, afirmou a potencialidade para tal. A colaboradora externa do jardim já sabia os conteúdos visto que ajudou a contribuir para os mesmos.

Sim. Na parte das folhas e algumas curiosidades também. (27 anos, Colaboradora na Galeria da Biodiversidade)

Não tenho bem a certeza. Acho que existe potencial para aprender alguma coisa nova, mas não li com muita atenção, por exemplo, as fichas das plantas. Se tivesse prestado mais atenção sim. (32 anos, Colaborador na Galeria da Biodiversidade)

De seguida, questiona-se se são da opinião se irão facilmente esquecer-se da experiência e conteúdos. Em geral, os utilizadores são da opinião que vão reter a informação e apontam para a simplicidade e utilidade da informação aliada ao design da aplicação.

Não me esqueceria facilmente da informação, pois como a informação é simples e é útil é algo que fica na memória. (32 anos, Colaborador na Galeria da Biodiversidade)

Sim, vai ficar, na parte das folhas e algumas curiosidades também. Vai-me ficar na memória por ter usado esta aplicação. (27 anos, Colaboradora na Galeria da Biodiversidade)

Ajuda porque obriga as pessoas a verem a silhueta das folhas e a estarem atentas a esses pormenores, o facto de terem de procurar a planta no jardim obriga também a estar atento a todas as outras. (36 anos, Colaboradora Externa do Jardim Botânico do Porto)

Curiosidade em Conhecer mais Árvores

Na terceira questão das entrevistas, questiona-se se gostariam de conhecer mais árvores e características após terem usado a aplicação móvel e em que medida esse interesse foi criado. Em geral, todos os utilizadores confirmam que a aplicação promoveu o seu interesse.

Um dos utilizadores, de 27 anos, colaboradora na Galeria da Biodiversidade, afirma que “a aplicação ajudou a promover o meu interesse já que obriga a uma interação, obriga a mexer, a

ir ter com a árvore o que é engraçado e desperta curiosidade”. Esta obrigatoriedade surge dentro do círculo mágico de Huizinga (1949) referido na revisão de literatura, as pessoas aceitam as regras e ficam envolvidos num mundo fictício.

Já para um participante, também colaborador na Galeria da Biodiversidade, esse interesse partiu de uma valorização adicional às árvores após terem sido encontradas no exterior. Pode-se deduzir que as árvores passam a ter algum protagonismo.

A aplicação promoveu o meu interesse na medida em que ao passar pelas folhas podia não saber de que espécie são, mas com as de lá de fora deu-lhes mais valor. (30 anos, Colaborador na Galeria da Biodiversidade)

A colaboradora externa do Jardim Botânico do Porto, que ajudou nos conteúdos para esta aplicação, afirma também algumas características que fazem a criação desse interesse, tal como o design apelativo e informação simplificada. Em termos de desinteresse, esta aponta para a limitação da tecnologia que pode causar frustração.

Acho que esquematicamente está muito bem conseguida, o design está apelativo e isso também é uma mais-valia. A informação está muito concisa, muito concentrada e fácil de entender. Podia causar desinteresse se tivesse textos muito longos e com informações que não interessem às pessoas. Podia também causar desinteresse se o sinal de GPS não funcionasse muito bem e as pessoas demorassem muito tempo a encontrar, as notificações demorassem muito tempo a aparecer, podendo perder o interesse e ficar frustradas. (36 anos, Colaboradora Externa do Jardim Botânico do Porto)

Potencial Social da Aplicação

Na quarta questão das entrevistas, questiona-se o que diriam aos amigos sobre a aplicação, no sentido de obter uma resposta mais informal e despreocupada e aferir se poderia criar conversas sobre os assuntos tratados.

Em geral, todos concordam que a aplicação móvel seria uma experiência “divertida” e “gira” para se “jogar em família” e “tirarem umas fotos”.

Em opiniões mais individuais, afirma-se apelar a amantes de botânica e crianças, mas não necessariamente e com potencial para “expandir para outros jardins”.

Diria que é uma aplicação interessante para descobrir esta parte das plantas tanto na galeria como no jardim, que é uma coisa engraçada para se fazer. Que é uma atividade que não é passiva nem sedentária. Recomendaria ainda mais para crianças, mas não necessariamente. (32 anos, Colaborador na Galeria da Biodiversidade)

Diria que foi muito interativo que seria interessante expandir para outros jardins. Para amantes de botânica seria engraçado andar com o telemóvel como se fosse uma lupa interativa e andar à descoberta das árvores. Era interessante usar esta aplicação também lá fora. (7 anos, Colaboradora na Galeria da Biodiversidade)

Diferente Perceção do Espaço após o Uso da Aplicação Móvel

Na quinta e última questão, das entrevistas, relacionada com o envolvimento geral, questiona-se se a perspetiva do espaço onde trabalham pode ter sido alterada. Os utilizadores maioritariamente afirmam que a experiência os vai fazer olhar de forma diferente e possivelmente, ainda com mais interesse.

Sim, uma vez que através da aplicação consegui explorar de uma forma diferente. (30 anos, Colaborador na Galeria da Biodiversidade)

Sim. Eu acho que a aplicação devia ter mais plantas que ganharia mais interesse se abrangesse todo o jardim. Seria bom poder oferecê-la aos visitantes. É difícil ver o jardim de forma diferente depois da aplicação uma vez que já o conheço há muitos anos, mas se calhar as árvores sim. Irei olhar de forma diferente. (36 anos, Colaboradora Externa do Jardim Botânico do Porto)

4.5.4 Resultados: Impacto da Componente Lúdica

De igual forma, será avaliado qual foi o impacto da componente lúdica com o envolvimento com o objeto científico, foram realizadas aos utilizadores, questões relacionadas com a ludicidade da aplicação móvel.

Vantagens

Perante a questão sobre de que forma os elementos lúdicos da aplicação contribuíram ou não para a comunicação dos temas tratados os utilizadores responderam o seguinte:

Os utilizadores são da opinião que o “jogo torna as coisas mais interessantes”, “motiva”, “através dele somos convidados a participar” e “torna-se o motivo para a pessoa ser recetiva à informação”. Um dos utilizadores afirma que a competição (tanto com eles mesmos como com outros) pode ser a motivação para aprender, “Ao desafiar a pessoa para entrar no jogo para competir no fundo, estamos a desafiá-la para descobrir a informação e aprender alguma coisa”. Mais uma vez, tendo em conta o círculo mágico, e mais especificamente no que esta aplicação móvel criou, pode-se confirmar com estas opiniões que de facto faz com que os utilizadores estejam mais predispostos a “alinhar” e a estar mais recetivos.

Para a colaboradora da galeria de 27 anos, “O jogo pode ser uma forma de fidelização na medida em que existe a necessidade de completar tudo”. Neste caso as mecânicas de colecionismo acabam por criar isso mesmo também, um contrato social onde aceitam as suas condições sob uma autoridade invisível.

Desvantagens

Quanto às desvantagens do lúdico no envolvimento do objeto científico, os utilizadores apontam uma possível falha de funcionamento, imprevisibilidade das pessoas em seguir a narrativa proposta e por sua vez a limitação de um público-alvo que pode não gostar de jogos.

Uma desvantagem pode ser, não funcionar. A pessoa é desafiada para o jogo e esse jogo tem uma sequência de ações que a levam a ter atenção a determinadas coisas, mas é imprevisível como é que a pessoa vai fazer isso. Assim pode entrar no jogo, mas não entender o que está por trás. Pode assumir-se como um perigo. A motivação pode não funcionar para toda a gente. (32 anos, Colaborador na Galeria da Biodiversidade)

Uma desvantagem é o facto de limitar o público-alvo. (36 anos, Colaboradora Externa do Jardim Botânico do Porto)

4.5.5 Resultados: Impacto da Componente da Realidade Aumentada

De igual forma, será avaliado qual foi o impacto da realidade aumentada com o envolvimento com o objeto científico, foram realizadas aos utilizadores, questões relacionadas com a tecnologia e a sua implementação para a comunicação de ciência.

Perante a questão sobre de que forma os elementos da realidade aumentada da aplicação contribuíram ou não para a comunicação dos temas tratados cada um dos utilizadores profissionais do museu responderam o seguinte.

Vantagens

Quanto às contribuições, o utilizador de 30 anos, colaborador na galeria da biodiversidade, afirma a facilidade e rapidez com que a informação é acedida e consultada através da realidade aumentada. “A informação está lá. não se tem de procurar por ela”.

O utilizador de 32 anos, colaborador na galeria da biodiversidade, afirma que a experiência se torna “mais personalizada”. Explicando depois que, quando se encontra uma folha, se desbloqueia e depois damos-lhe utilidade, tornamos a folha “mais nossa”. Ele acrescenta que ao usarem a aplicação móvel nos seus dispositivos “(...) É como se estivéssemos a dar coisas às pessoas (...) a RA tem a potencialidade de sem haver recursos que tenham de estar no sítio, somente com o telemóvel do visitante, poder-se dar mais alguma coisa e desenvolver o sentimento de pertença”. Tendo em conta o sentido de presença referenciado, ele dá o seguinte exemplo:

Quando plantamos uma árvore escolhemos o sítio onde a plantar, podemos decorá-la e isso torna a experiência única. As pessoas ficam a sentir que vêm ao seu próprio jardim botânico. (32 anos, Colaborador na Galeria da Biodiversidade)

Com isto podemos aferir que a realidade aumentada tem a potencialidade de dar algo de valor aos utilizadores a que podem dar utilidade, identificarem-se e tornar a experiência sua. Para o utilizador de 27 anos, colaboradora na galeria da biodiversidade, a contribuição está na tecnologia e “tudo o que está associado a ela”, sinto que “vivemos na era da tecnologia”, o que é inovador “tem uma tendência a ficar mais depressa na nossa memória”.

Finalmente para o utilizador de 36 anos, colaboradora externa do jardim botânico, a contribuição parte pela possibilidade de comunicar ciência sem intervenção de outras pessoas. Assume um papel de ferramenta, não é intrusivo e tem a possibilidade de chegar a outros públicos.

É possível comunicar a ciência sem a interação de outras pessoas. O comunicador da ciência não necessita de estar em tempo real ao lado das pessoas. A aplicação assume-se como mais uma ferramenta para a comunicação da ciência não sendo intrusivo. A pessoa faz livremente o seu percurso e assim consegue-se chegar ao público de maneira diferente. É mais interativa, mais lúdica. (36 anos, Colaboradora Externa do Jardim Botânico do Porto)

Desvantagens

Quanto às desvantagens, os utilizadores de novo apontam a possível falha da tecnologia, a dependência das tecnologias, especialmente prejudicial nas crianças, mas possivelmente se justifica, de forma controlada, para este tipo de atividades educativas.

Uma última desvantagem prende-se na falta de fluidez de comunicação que poderia ter uma pessoa ao contrário do que tem a aplicação.

Uma desvantagem é a questão de estarmos muito tempo ligados a isto. Pode ser um problema principalmente em crianças. Mas se for por uma questão educacional talvez se justifique. (27 anos, Colaboradora na Galeria da Biodiversidade)

Uma possível desvantagem poderia ser, por exemplo, se o telemóvel não funcionar ou ficar sem bateria. Se a pessoa for infoexcluída pode não entender logo podendo não ser a comunicação tão fluida como se fosse uma pessoa a explicar. (36 anos, Colaboradora Externa do Jardim Botânico do Porto)

5. Conclusões

5.1 Discussão

De acordo com a experiência das pessoas com a tecnologia da realidade aumentada, foi possível verificar que mais de metade já teve alguma experiência. Os jogos como *Pokémon Go* (2016) e outros, que tomam proveito de um crescimento em dispositivos móveis que suportam a tecnologia podem ter ajudado a torná-la mais reconhecida e acessível.

Após usarem a aplicação móvel, os utilizadores demonstraram bastante interesse em aprender os conteúdos científicos presentes. Além disso, a maioria decidiu usufruir da experiência por inteiro, havendo apenas 2 dos 12 utilizadores a quererem desistir a meio. Estes dois acabaram por demonstrar que a aplicação móvel apenas abrange um certo público, não fazendo parte dele: pessoas com problemas de mobilidade; crianças ou famílias com crianças abaixo dos 8 anos devido à sua dificuldade em se envolverem.

A aplicação demonstrou ser apelativa a: famílias com crianças acima dos 10 anos, desde que sejam assistidas pelos pais; estudantes do ensino básico; adolescentes e jovens adultos interessados pela tecnologia digital e jogos. Isto vai de acordo com os principais destinatários dos espaços museológicos que são os jovens. Encoraja o interesse e curiosidade pela ciência e chama à atenção a potenciais carreiras profissionais na área da ciência e tecnologia (Gil, 2003, p. 25).

A aplicação móvel também demonstrou funcionar melhor com utilizadores acompanhados que sozinhos, podendo-se dever à motivação lúdica que as mecânicas como a pontuação e desempenho de tempo forneceram.

Os resultados da abordagem lúdica na comunicação de ciência indicam que os utilizadores visitantes demonstraram um grande envolvimento nos desafios que lhes foram propostos pela aplicação móvel. Mostraram mais motivação e interesse no conteúdo apresentado na exposição de Botânica da Galeria da Biodiversidade que teriam de outra forma.

Um dos fatores que contribuiu para a competição, foi a implementação de mecânicas como a pontuação conforme o seu desempenho. Estas foram vistas como um ponto negativo por dois

dos utilizadores por, em parte, prejudicar o conhecimento ao haver mais atenção na mecânica que no conteúdo em si, descurando a informação que era apresentada em virtude de não perder tempo. Contudo, a aplicação providenciou múltiplas oportunidades para voltar a aceder à informação e ao limitar a um dispositivo móvel no desafio exterior acabou por transformar a competição em cooperação e promovendo o diálogo.

Adicionalmente, em linha com a quinta *motivação central* de Chou (2019) a “Influência Social e Afinidade”, que consiste na motivação de quando um amigo atinge um certo patamar ou obtém algo e sermos levados a chegar ao mesmo nível ou obter igual. Esta motivação pode transformar a competição em algo benéfico para a transmissão do conhecimento. Ao ter uma pontuação no desafio consoante uma resposta correta ou errada, na segunda vez que jogar poderá estar mais atento à informação de modo a ter mais pontos.

Os resultados indicam que o colecionismo motivou os utilizadores a jogarem de novo e colecionarem mais folhas e por sua vez terem acesso a mais informação e a uma experiência alargada. Estes resultados estão em linha com as categorias de jogar de Bartle (2005) e a segunda e quarta *motivação central* da *framework* Octalysis de Chou (2019), “Desenvolvimento e Conquista” e “Apropriação e Capacitação”, respetivamente.

A informação (sobre as árvores) tornou-se protagonista ao ser transformada num objeto de jogo, dando-lhe mais valor e permitindo os jogadores identificarem-se com a mesma através das curiosidades apresentadas. Passou também a conter uma função prática, que de outra forma seria passiva. Ao ser desbloqueada gradualmente também faseou o acesso a ela. Esta função mais prática aliada ao faseamento acabou por ajudar a reforçar a transmissão dos conteúdos científicos. Adicionalmente, a informação passa a ter um papel de entretenimento, embora, no fundo, seja educacional.

Um dos elementos do lúdico que se apresentou mais popular entre os utilizadores foi a exploração e o colecionismo. Apelando aos jogadores exploradores e conquistadores de acordo com Bartle (2005). Os exploradores encontram felicidade na descoberta e procurar coisas novas e os conquistadores em. Este elemento estava presente no segundo desafio e promoveu a ligação dos artefactos que os utilizadores encontraram e aprenderam no interior da Galeria da Biodiversidade com o seu meio natural no Jardim Botânico do Porto. Isto não só lhes deu um uso, mas também os materializou visualmente e pode facilitar a associação dos conteúdos científicos.

O estudo demonstra uma correlação com as alegações de Huizinga (1949) e Salen e Zimmerman (2004) no sentido em que, quando jogamos um jogo, assinamos uma espécie de contrato social, aceitando as suas condições sob uma autoridade invisível. Acredita-se que esta “atitude lusória” referida por Salen e Zimmerman (2004) e os desafios propostos criem a predisposição para o utilizador estar mais recetivo à informação e acabar por seguir com a experiência até ao fim, como mostram os resultados. Durante o uso da aplicação pelos utilizadores foi possível verificar esse círculo mágico em efeito. Este poderá ser um fator importante do lúdico no envolvimento dos utilizadores, aliado à realidade aumentada que amplifica esse círculo e cria efetivamente um *terreno de jogo* no mundo real, em sítios que seriam previamente difíceis de o fazer sem serem intrusivos.

De acordo com Csikszentmihalyi (2008), o utilizador precisa de estar num estado de fluxo para ficar envolvido e para isso o desafio precisa de corresponder com as suas habilidades. Os resultados indicam que os desafios presentes na aplicação se encontram equilibrados e isso foi um ponto positivo para os utilizadores na medida em que não se sentiram nem facilitados, nem frustrados com a experiência. Contudo, um utilizador pode escolher acidentalmente uma dificuldade maior para aquela que tem competências e para além das dificuldades presentes no jogo, existem dificuldades externas que podem condicionar esse fluxo e assim o envolvimento.

O lúdico, contudo, pode não abranger todo o público devido à imprevisibilidade das suas ações que podem ir contra a sequência de eventos que a experiência da aplicação sugere e pede atenção. A sua necessidade de atenção pode também inibir que os utilizadores prestem atenção ao seu redor. Nesse sentido a experiência lúdica pode não ajudar em todos os casos.

Quanto aos resultados da realidade aumentada na assistência da comunicação de ciência, pode-se aferir que a tecnologia, segundo os utilizadores, os ajudou a consultar a informação que lhes foi apresentada. Quando a informação é exibida visualmente e é posicionada no contexto, tem a capacidade de ser mais facilmente associada.

No ambiente criativo de realidade aumentada, os resultados indicam que ao dar utilidade à informação que é adquirida no contexto lúdico, pode-se criar um sentimento de pertença com o objeto científico. Sem usar recursos físicos é possível dar algo aos utilizadores e isso adquire um certo valor. Este ambiente foi construído em linha com as alegações de Simon (2010) que refere que uma ferramenta valiosa encoraja contribuições valiosas e, como resultado, o envolvimento. Esta menciona também que os artefactos do museu podem funcionar como uma

ponte social, permitindo às pessoas ligarem-se não só umas com as outras, mas também com o próprio objeto, inspirando-as a aprender mais sobre elas. No estudo não foi verificado se houve de facto uma partilha, apesar de terem sido criadas as mecânicas para o efeito, os testes usaram dispositivos móveis que não eram dos utilizadores e isso condicionou-os a não terem essa motivação. Contudo, os resultados indicam que os objetos científicos obtiveram uma utilidade rica de significado referida por Simon (2010) e de acordo ela poderá ter o potencial para essa partilha e promoção de diálogo.

Os dados sugerem algumas limitações e dificuldades apresentadas à tecnologia da realidade aumentada. Como referido na revisão de literatura, a falta de acessibilidade à tecnologia devido às exigências de *hardware*, podem limitar o público que poderá usufruir da experiência. A realidade aumentada num dispositivo móvel pode também ter implicações na segurança do utilizador, tendo em conta a sua característica envolvente, o utilizador poderá distrair-se e deixar de prestar atenção ao seu redor. Sendo também uma tecnologia emergente e em desenvolvimento, está suscetível a falhas técnicas e erros, podendo pôr em causa o bom funcionamento da experiência.

Billinghurst (2021) apontou para alguns destes desafios que a tecnologia ainda enfrenta. Do que foi verificado no protótipo funcional, os desafios que mais se verificaram foram a interação e o rastreamento. Tudo isto pode limitar e criar dificuldades na comunicação da ciência ao tornar inacessível ou causar frustração.

Os principais resultados dos testes com utilizadores, indicam que a componente lúdica da aplicação fomentou o interesse nos visitantes usando o desafio e o círculo mágico, motivando-os a realizar os desafios propostos. Indicaram também que a realidade aumentada facilitou a consulta de informação, exibindo-a no seu contexto. As duas componentes, agindo em consonância, criaram também uma ligação e um sentimento de pertença entre o visitante e o objeto científico ao possibilitar a sua utilização num ambiente criativo.

Conclui-se que o uso do lúdico em conjunto com sistemas de realidade aumentada têm o potencial para criar um envolvimento dos visitantes com a exposição na Galeria da Biodiversidade que pode reforçar e reformular a comunicação dos conteúdos científicos.

5.2 Desafios e Limitações do estudo

Durante a realização deste estudo houve alguns desafios que tiveram que ser ultrapassados. Situando-se numa altura de vários constrangimentos devido à pandemia COVID-19, esta dissertação teve em conta alguns deles. Sendo a aplicação móvel desenvolvida em colaboração com um colega do Mestrado Integrado em Engenharia Informática e Computação, a colaboração à distância condicionou o ritmo de trabalho e calendarização que era prevista. Isto não só atrasou o desenvolvimento do protótipo funcional, mas também a análise aos utilizadores que só se realizou em junho. Esta limitação condicionou o desenvolvimento de funcionalidades adicionais e uma análise mais profunda.

Quanto aos testes com utilizadores, devido à necessidade de segurança sanitária, o número de utilizadores visitantes avaliados foi inferior ao que era desejado. Contudo, foi possível ter resultados variados e obter a sua conclusão. Adicionalmente, devido aos testes com utilizadores serem feitos sempre com alguém a acompanhar, seja com amigos/família ou comigo enquanto analisava, não foi possível entender como um utilizador que estivesse totalmente sozinho, iria usar a aplicação móvel. Isso limitou a compreensão mais completa da aplicação móvel.

Embora o protótipo funcional tenha sido colocado na *Play Store* com a intenção de encorajar os utilizadores a instalá-lo no seu próprio dispositivo, a maioria deles não o conseguiu fazer devido a ter um dispositivo móvel com um sistema operativo diferente ou simplesmente não suportar a tecnologia necessária.

Uma das limitações que foi esperada logo desde o início do desenvolvimento foi a da tecnologia da realidade aumentada, devido a ser uma tecnologia emergente e em desenvolvimento, está sujeita a falhas e erros. Uma das luzes da exposição de botânica na Galeria da Biodiversidade apagou-se num dos dias de testes dos utilizadores e o desafio ali deixou de funcionar. Isto resultou em alguns constrangimentos, que foram rapidamente resolvidos no decorrer de uma manhã.

5.3 Trabalho Futuro

Quanto ao trabalho futuro, acredita-se que pode servir de base para projetos semelhantes que possam usar o lúdico com recurso à tecnologia realidade aumentada para comunicar ciência. Julga-se oportuno que possa ser criado maior desenvolvimento no protótipo funcional e realizar mais entrevistas de modo a alargar a experiência e permitir uma análise mais profunda dos contributos do lúdico e da tecnologia da realidade aumentada.

Relativamente ao desenvolvimento do protótipo funcional, ficaram algumas coisas por melhorar, tais como: a implementação da integração de *beacons Bluetooth* de modo a apresentar o ecrã correspondente à sua localização; a implementação da aplicação móvel no sistema operativo iOS; a implementação de ecrãs de erro quando o utilizador rejeita as permissões (por opção ou por engano); fazer uma análise às folhas do primeiro desafio, ordenando as mais difíceis de encontrar para um nível mais difícil, e as mais fáceis para os níveis mais fáceis (de modo a obter um bom equilíbrio de dificuldade); melhorar a iconografia, nomeadamente os que representam a Galeria e o Jardim, mas também os da resistência ao calor e frio presentes na informação das árvores; melhorar os estados dos botões e evitar o uso do cinza para botões que são interativos; implementar um temporizador para poder fechar os painéis modais quando encontra uma árvore no segundo desafio no Jardim (de modo a incentivar e a dar tempo ao utilizador para ler); melhorar as instruções de cada desafio e atividade; implementar mais artefactos na aplicação móvel; melhorar a acessibilidade da aplicação em termos de cor para utilizadores com deuteranomia e por fim acredita-se a aplicação móvel possa ser expandida para outras exposições da Galeria da Biodiversidade e desta forma potencializar e reforçar a comunicação de ciência do espaço.

Adicionalmente, poderá ser feita uma análise mais profunda contendo uma avaliação de eficácia da junção do lúdico e da tecnologia da realidade aumentada em transmitir e consolidar o conhecimento científico em comparação com métodos tradicionais. A análise de públicos de diferentes idades também poderia dar uma perspetiva de como a interação varia entre eles e quais são mais propícios à utilização deste tipo de experiência. Poderia também ser feita uma análise através de gravação do ecrã a utilizadores que estiverem sozinhos, de modo a não influenciar o seu comportamento. Tendo em conta que o protótipo foi desenvolvido de forma a criar uma ligação entre o espaço museológico (interior) da Galeria da Biodiversidade com o Jardim Botânico do Porto que o circunda (exterior), julga-se ser possível adaptar para espaços que partilhem estas características.

Referências

- Alcañiz, M., Göbel, S., Ma, M., Oliveira, M., Hauge, J., & Marsh, T. (Eds.). (2017). *Serious games: Third joint international conference, JCSG 2017, Valencia, Spain, November 23-24, 2017, proceedings* (1.^a ed.). Springer International Publishing. ISBN: 9783319701103.
<https://doi.org/10.1007/978-3-319-70111-0>
- Anderson, T., & Shattuck, J. (2012). Design-based research: A decade of progress in education research? *Educational Researcher* (Washington, D.C.: 1972), 41(1), 16–25.
<https://doi.org/10.3102/0013189x11428813>
- Azadegan, A., Riedel, J. C. K. H., & Baalsrud Hauge, J. (2012). Serious games adoption in corporate training. Em *Serious Games Development and Applications* (pp. 74–85). Springer Berlin Heidelberg. ISBN: 9783642336867. https://doi.org/10.1007/978-3-642-33687-4_6
- Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments* 1997, 6(4), 355–385. <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355>
- Bartle, R. (2005). Virtual worlds: Why people play. *Massively Multiplayer Game Development* 2, 2, 1–18. <https://mud.co.uk/richard/VWWPP.pdf>
- Basten, D. (2017). Gamification. *IEEE software*, 34(5), 76–81.
<https://doi.org/10.1109/ms.2017.3571581>
- Billinghamurst, M. (2021). Grand Challenges for Augmented Reality. *Frontiers in Virtual Reality*, 2.
<https://doi.org/10.3389/frvir.2021.578080>
- Billinghamurst, M., Clark, A., & Lee, G. (2015). A survey of augmented reality. *Foundations and Trends® in Human–Computer Interaction*, 8(2–3), 73–272. Now Publishers Inc.
<https://doi.org/10.1561/11000000049>
- Bilton, N. (2015, Fevereiro 4). Why Google Glass broke. *The New York times*.
<https://www.nytimes.com/2015/02/05/style/why-google-glass-broke.html>

- Brooker, J. (2007). The polytechnic ghost: Pepper's ghost, metempsychosis and the magic lantern at the royal polytechnic institution. *Early popular visual culture*, 5(2), 189–206.
<https://doi.org/10.1080/17460650701433517>
- Burns, T. W., O'Connor, D. J., & Stocklmayer, S. M. (2003). Science communication: A contemporary definition. *Public Understanding of Science (Bristol, England)*, 12(2), 183–202.
<https://doi.org/10.1177/09636625030122004>
- Chou, Y.-K. (2019). *Actionable Gamification: Beyond Points, Badges, and Leaderboards*. Packt Publishing Ltd. ISBN: 9781511744041.
- Coelho, A., Cardoso, P., Camilo, M., & Sousa, A. (2019). Designing of a mobile app for the development of pervasive games. *2019 International Conference on Graphics and Interaction (ICGI)*, 153–159. <https://doi.org/10.1109/icgi47575.2019.8955034>
- Coelho, António, Rodrigues, R., Nóbrega, R., Jacob, J., Morgado, L., Cardoso, P., van Zeller, M., Santos, L., & Sousa, A. A. (2020). Serious pervasive games. *Frontiers in Computer Science*, 2.
<https://doi.org/10.3389/fcomp.2020.00030>
- Čopič Pucihar, K., Kljun, M., & Coulton, P. (2016). Playing with the artworks: Engaging with art through an augmented reality game. *Proceedings of the 2016 CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems - CHI EA '16*.
<https://doi.org/10.1145/2851581.2892322>
- Coulton, P., Murphy, E., Pucihar, K. Č., Smith, R., & Lochrie, M. (2014). User curated augmented reality art exhibitions. *Proceedings of the 8th Nordic Conference on Human-Computer Interaction Fun, Fast, Foundational - NordiCHI '14*, 907–910.
<https://doi.org/10.1145/2639189.2670190>
- Coutinho, C., & Chaves, J. (2001). Desafios à investigação em TIC na educação: as metodologias de desenvolvimento. Em *Desafios 2001: actas da Conferência Internacional de Tecnologias da Informação e Comunicação na Educação*, 2 (pp. 895-903). Braga; Universidade do Minho. Centro de Competência do Projecto Nónio Século XXI. ISBN: 9789729845611.
<http://hdl.handle.net/1822/4277>
- Csikszentmihalyi, M. (2008). *Flow: The Psychology of Optimal Experience* (1ª ed.). Harper Perennial Modern Classics. ISBN: 9780061339202.

- Delicado, A. (2013). O papel educativo dos museus: públicos, atividades e parcerias. *Ensino em Revista*, 20 (1)(1), 43–56. <http://hdl.handle.net/10451/9018>
- Desurvire, H., & Wiberg, C. (2009). Game usability heuristics (PLAY) for evaluating and designing better games: The next iteration. Em *Online Communities and Social Computing* (pp. 557–566). Springer Berlin Heidelberg. ISBN: 9783642027734. https://doi.org/10.1007/978-3-642-02774-1_60
- Dijkstra, A. M., de Bakker, L., van Dam, F., & Jensen, E. A. (2020). Setting the scene. Em *Science Communication* (pp. 1–16). World Scientific. ISBN: 9789811209871. https://doi.org/10.1142/9789811209888_0001
- Feiner, S., Macintyre, B., & Seligmann, D. (1993). Knowledge-based augmented reality. *Communications of the ACM*, 36(7), 53–62. <https://doi.org/10.1145/159544.159587>
- Geroimenko, V. (Ed.). (2018). *Augmented reality art: From an emerging technology to a novel creative medium* (2.^a ed.). Springer International Publishing. ISBN: 9783319699318. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-69932-5>
- Granado, A., & Malheiros, J. V. (2015). *Cultura científica em Portugal: Ferramentas para perceber o mundo e aprender a mudá-lo*. <https://www.ffms.pt/publicacoes/detalhe/1581/cultura-cientifica-em-portugal>
- Gil, F. B. (2003). *Museu de Ciência da Universidade de Lisboa: das origens ao pleno reconhecimento oficial*. Museu da Ciência da Universidade. <http://id.bnportugal.gov.pt/bib/bibnacional/1294665>
- Huizinga, J. (1949). Homo Ludens: A study of the play-element in culture. Em *Homo Ludens: A Study of the Play-Element in Culture*. Taylor and Francis. ISBN: 9781315824161. <https://doi.org/10.4324/9781315824161>
- Kirner, C., & Tori, R. (2006). Fundamentos de Realidade Aumentada. *Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada* (Maio), 22-38. Porto Alegre: Editora SBC. <https://repositorio.usp.br/item/001687127>
- Kuo, M., & Lieberman, Z. (2019). *Weird Cuts by Molmol Kuo, Zach Lieberman | Experiments with Google*. <https://experiments.withgoogle.com/weird-cuts>

- Labor, U. S. C. H. C. on E. and. (1974). *Museum Services Act, Hearings Before the Select Subcommittee on Education Of...*, 93-2, May 17 and 18; May 20; and June 14, and 15, 1974.
<https://books.google.pt/books?id=efUe2aygbeQC>
- Milgram, P., & Kishino, F. (1994). A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. *IEICE Trans. Information Systems, E77-D, n. 12*, 1321–1329.
<https://cs.gmu.edu/~zduric/cs499/Readings/r76JBo-Milgram IEICE 1994.pdf>
- Montola, M. (2005). Exploring the Edge of the Magic Circle: Defining Pervasive Games. *Em Proceedings of DAC* (Vol. 1966, p. 103).
<https://www.markusmontola.fi/exploringtheedge.pdf>
- Montola, M., Stenros, J., & Waern, A. (2009). *Pervasive games: Theory and design*. Focal Press, Filadélfia, PA, USA. ISBN: 9780123748539.
- Nielsen, J. (1994). *Usability Engineering*. Morgan Kaufmann Publishers Inc. ISBN: 9780125184069.
- Park, H., Jung, H.-K., & Park, S.-J. (2014). Tangible AR interaction based on fingertip touch using small-sized nonsquare markers. *Journal of Computational Design and Engineering, 1*(4), 289–297. <https://doi.org/10.7315/jcde.2014.028>
- PORDATA - Museus, jardins zoológicos, botânicos e aquários: número e visitantes. (2021). Consultado a 9 de Março 2021, em <https://www.pordata.pt/Portugal/Museus++jardins+zoológicos++botânicos+e+aquários+número+e+visitantes-1309>
- Postolache, S. (2019). *Play JBT-Mobile Application for the Tropical Botanical Garden of Lisbon*. <https://repositorio.ul.pt/handle/10451/41900>
- Royal Society (Great Britain). Council. (1985). *Public Understanding of Science*. Royal Society. ISBN: 9780854032570.
http://royalsociety.org/uploadedFiles/Royal_Society_Content/policy/publications/1985/10700.pdf
- Salen, K., Tekinbaş, K. S., & Zimmerman, E. (2004). *Rules of play: Game design fundamentals*. MIT Press. ISBN: 9780262240451.
- Simon, N. (2010). *The Participatory Museum*. Museum 2.0 Santa Cruz, California. ISBN: 9780615346502.

- Skwarek, M. (2018). Augmented reality activism. Em *Springer Series on Cultural Computing* (pp. 3–40). Springer International Publishing. ISBN: 9783319699318. https://doi.org/10.1007/978-3-319-69932-5_1
- Tan, C. T., & Soh, D. (2011). *Augmented Reality Games: A Review Automated Spatial-Exploration in Real-Time Strategy Games*. Medical Reference Services Quarterly. <https://www.researchgate.net/publication/260480270>
- van Zeller, M., Santos, L., Coelho, A., & Cardoso, P. (2020). Play the museum: um projeto sobre jogos em ambientes de aprendizagem informal na galeria da biodiversidade. Em *EJML2020: 5º Encontro sobre Jogos e Mobile Learning – Congresso Internacional*. ISBN: 9789728627966. <http://hdl.handle.net/10316/89364>
- Wagner, D., Pintaric, T., & Schmalstieg, D. (2004). The invisible train: A collaborative handheld augmented reality demonstrator. *ACM SIGGRAPH 2004 Emerging technologies on - SIGGRAPH '04*. <https://doi.org/10.1145/1186155.1186168>
- Weiser, M. (1991). The computer for the 21st century. *Scientific American, Special Issue on Communications, Computers, and Networks*. <https://web.stanford.edu/class/cs240e/papers/weiser.pdf>
- Yu, J., Fang, L., & Lu, C. (2016). Key technology and application research on mobile augmented reality. Proceedings of the IEEE International Conference on Software Engineering and Service Sciences, ICSESS, 0, 547–550. <https://doi.org/10.1109/ICSESS.2016.7883129>
- Zagalo, N. (2020). *Engagement Design*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-37085-5>

Anexo A - Protocolo

Antes de Começar

Chegada

Olá, o meu nome é Nome do Entrevistador, estamos a conduzir um estudo numa aplicação de telemóvel com o objetivo de compreender como este tipo de aplicações podem ser uma mais-valia para a comunicação de ciência. Terá uma duração aproximada de 30 a 40 min.

Introdução da Aplicação

(Na entrada da Galeria)

A aplicação Flo[RA] junta elementos lúdicos e criativos com realidade aumentada, focando o seu conteúdo na ciência. Para começarmos teremos de nos deslocar para o espaço de exposição do herbário na galeria e podemos começar o primeiro desafio da aplicação. Teremos um último desafio pelo Jardim e uma atividade criativa após ter completado todos eles.

Pedir consentimento

Mas antes disso gostaríamos de obter o seu consentimento para gravar o ecrã do telemóvel enquanto usa a aplicação e posteriormente gravar o som e transcrever uma entrevista que faremos no final.

(Dar papel de consentimento e esperar pela assinatura)

Iremos então prosseguir, segue-me/sigam-me!

Durante a Experiência

Tarefas

(Na Galeria)

Inicie o desafio da Galeria. Após iniciar tente encontrar as folhas correspondentes. Durante todo o processo gostaria que falasse alto aquilo que está a pensar. Pode começar.

(Após concluir a primeira volta do desafio)

Agora tem a opção de jogar de novo, escolhendo uma nova dificuldade, ou prosseguir para o próximo desafio no Jardim, por favor proceda como preferir.

(Após estar pronto(a) para seguir para o jardim)

Antes de irmos para o jardim, peço que aceda ao herbário e consulte as folhas como preferir. Diga-me quando estiver satisfeito com a consulta. De novo, gostaria que falasse alto aquilo que está a pensar, ou a pensar fazer.

(Levar a pessoa à entrada do jardim)

(No jardim)

Inicie o desafio do jardim e tente encontrar as árvores das folhas que encontrou na galeria. De novo, gostaria que falasse alto aquilo que está a fazer. Pode começar.

(Após terminar o desafio no jardim)

Inicie agora o ambiente criativo de realidade aumentada e crie uma composição com as folhas que colecionou. Esteja à vontade para experimentar todas as funcionalidades e interagir da forma mais natural para si. De novo, gostaria que falasse alto aquilo que está a pensar. Quando terminar, informe-me.

(Após ter terminado no ambiente criativo)

Vamos agora fazer-lhe uma entrevista gravada de modo a obtermos a sua opinião.

Após a Experiência

Obrigado pela sua contribuição! Foi muito bom partilhar esta experiência consigo e a sua opinião irá ajudar a tornar este projeto ainda melhor!

Entretanto, tem alguma dúvida? Se não, muito obrigado!

Anexo B - Modelo de Fichas de Observação

Nome do Monitor _____

Data _____

1. O participante está acompanhado?
 - a. Sim
 - b. Não
2. Que telemóvel está a usar?
 - a. Pocophone F1
 - b. Xiaomi Mi9
 - c. Xiaomi Redmi (?)
 - d. Telemóvel da Participante
 - i. _____

1. Chegaram ao fim com sucesso?
 - a. Sim ___
 - b. Não ___
2. Tempo que demoraram a chegar ao fim _____
3. A pessoa usou o telemóvel predominantemente com uma ou com as duas mãos?
 - a. Uma ___
 - b. Duas ___

Colocar um X onde se aplica:

	Aspetos a Observar	Confirma-se	Não se Confirma
Envolvimento	a) A pessoa mostrou vontade de aprender		
	b) A pessoa aparenta estar satisfeita com a ludicidade da aplicação		
	c) A pessoa revelou entusiasmo durante o uso da aplicação		

	d) A pessoa aparenta satisfeita com a potencialidade da aplicação, nomeadamente a realidade aumentada		
	e) A pessoa sentiu-se envolvida no processo criativo no ambiente criativo RA		
Usabilidade	f) A pessoa teve necessidade de saltar uma ou mais folhas		
	no desafio da galeria		
	g) A pessoa sentiu necessidade de encaixar a imagem da folha na aplicação com a folha na exposição na galeria.		
	h) A pessoa quis jogar de novo no desafio da galeria		
	i) A pessoa tentou acabar o desafio da galeria em menos tempo / foi rápida		
	j) No desafio do Jardim, a pessoa teve dificuldade em orientar-se		
	k) No desafio do Jardim, a pessoa teve dificuldades a entender o radar		
	l) No desafio do Jardim, a pessoa colecionou todas as folhas que ganhou na galeria		

Indicar onde a pessoa teve mais dificuldade / mais confusão em usar a aplicação:

<hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>

Indicar falhas de funcionamento da aplicação:

<hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>

Anexo C - Modelo de Entrevistas Semiestruturadas

1. Qual parte gostou mais e qual gostou menos e porquê?
 - a. Desafio da Galeria
 - b. Desafio do Jardim
 - c. Ambiente Criativo de Realidade Aumentada
 - d. _____
2. Durante o seu uso com a aplicação, aprendeu algo novo?
 - a. Se sim, acha que se esquecerá rapidamente do aprendeu com a aplicação?
 - i. Sim
 - ii. Não
 - b. Não
 - 2.1 Como é que esta aplicação o(a) ajudou a reter esse conteúdo?
 - a. _____
3. Gostaria de conhecer mais árvores e as suas características após ter usado esta aplicação?
 - a. Sim
 - b. Não
 - 3.1 Em que medida esta aplicação promoveu o seu interesse/desinteresse em conhecer mais?
 - c. _____
4. O que diria aos seus amigos sobre a sua experiência com a aplicação?
 - a. _____
5. Acredita que irá olhar para este espaço de forma diferente após usar esta aplicação?
 - a. Sim
 - b. Não
 - 5.1 Se sim, de que forma?
 - a. _____
6. Em que medida a realidade aumentada presente na aplicação contribuiu ou não para a comunicação dos temas tratados?
(Por outras palavras como é que a informação digital que foi apresentada em cima do mundo real pode transmitir melhor a informação que teve acesso na app)
 - a. _____

6.1 Quais são as possíveis vantagens e desvantagens do seu uso (RA) para comunicar a ciência?

b. _____

7. De que forma os jogos contribuíram ou não para a comunicação dos temas tratados?

a. _____

7.1 Quais são as possíveis vantagens e desvantagens do seu uso para comunicar a ciência?

b. _____

(Tipos de jogador de Bartle)

8. Quais aspetos considerou mais importantes nos jogos que jogou?

i. Aspetos como a exploração, a criação, a competitividade ou a partilha.

(Estrutura Octalysis)

9. Poder-me-ia apontar uma ou mais motivações que o levariam a jogar um jogo deste género?

a. _____

(se tiver dificuldade ou não responder, sugerir se foi pelo significado, a conquista/coleção, a criação, pela acumulação de conhecimento, pelo social, pela recompensa, surpresa...)

10. Sentiu-se envolvido durante o uso da aplicação?

a. Se sim, porquê e quais as razões?

b. Se não, por que motivo sentiu-se menos envolvido?

11. Voltaria a usar uma aplicação deste género?

a. Sim

b. Não

Em que situação sentiu mais dificuldade?

a. _____

12. Achou natural a interação com a realidade aumentada no ambiente criativo?

a. Se sim, usaria de novo? E que gostava de poder fazer mais?

b. Se não, como acha que poderia ser melhorada e seria mais natural para si?

13. Preferiu as folhas autocolantes ou as folhas reais?

a. Explique as razões.

b. _____

(Teoria de Flow)

14. Os desafios propostos estavam à altura das suas competências e habilidades?

a. Se sim, acha isso um ponto positivo?

b. Se não, como é que isso dificultou a sua experiência com a aplicação?

15. Como última questão, pergunta se o participante quer deixar alguma mensagem ou sugestão.

a. _____

Anexo D - Dados da Observação

Nº	Idade	Persona	Exp.RA	Conhecimento das árvores	Visitou o Espaço	Está acompanhado?	Telemóvel usado	Chegou ao fim com sucesso?	Tempo (minutos)	Usou uma ou duas mãos
1	21	Estudante Saúde	Não	Não	Sim	Sim	poco f1	Sim	45	Uma
2	21	Estudante Saúde	Não	Não	Sim	Sim	mi9	Sim	45	Uma
3	21	Estudante Informática	Sim	Não	Não	Sim	mi9	Sim	38	Uma
4	23	Estudante Informática	Sim	Não	Sim	Sim	poco f1	Sim	40	Uma
5	14	Estudante do Básico	Não	Sim	Sim	Sim	poco f1	Sim	43	Uma
6	12	Estudante do Básico	Sim	Sim	Sim	Sim	mi9	Sim	48	Duas
7	10	Estudante do Básico	Não	Não	Não	Sim	Tlm Próprio	Sim	48	Uma
8	35	Família	Sim	Sim	Não	Sim	poco f1	Não	29	Duas
9	10	Família	Sim	Não	Não	Sim	mi9	Sim	49	Uma
10	15	Família	Sim	Não	Não	Sim	poco f1	Sim	49	Uma
11	63	Idoso	Não	Sim	Sim	Sim	poco f1	Não	15	Duas
12	23	Designer	Sim	Não	Sim	Não	Tlm Próprio	Sim	42	Uma

	Envolvimento				
Nº	A pessoa mostrou vontade de aprender	A pessoa aparenta estar satisfeita com a ludicidade da aplicação	A pessoa revelou entusiasmo durante o uso da aplicação	A pessoa aparenta satisfeita com a potencialidade da aplicação, nomeadamente a realidade aumentada	A pessoa sentiu-se envolvida no processo criativo no ambiente criativo RA
1	Confirma	Confirma	Confirma	Confirma	Confirma
2	Confirma	Confirma	Confirma	Não se Confirma	Não se Confirma
3	Confirma	Confirma	Confirma	Confirma	Confirma
4	Confirma	Confirma	Confirma	Confirma	Confirma
5	Confirma	Confirma	Confirma	Confirma	Confirma
6	Confirma	Confirma	Confirma	Confirma	Confirma
7	Confirma	Confirma	Confirma	Confirma	Confirma
8	Confirma	Confirma	Confirma	Confirma	
9	Não se Confirma	Confirma	Confirma	Confirma	Confirma
10	Confirma	Confirma	Confirma	Confirma	Confirma
11	Confirma	Não se Confirma	Confirma	Não se Confirma	
12	Confirma	Confirma	Confirma	Confirma	Confirma

	Usabilidade						
Nº	A pessoa teve necessidade de saltar uma ou mais folhas no desafio da galeria	A pessoa sentiu necessidade de encaixar a imagem da folha na aplicação com a folha na exposição na galeria.	A pessoa quis jogar de novo no desafio da galeria	A pessoa tentou acabar o desafio da galeria em menos tempo / foi rápida	No desafio do Jardim, a pessoa teve dificuldade em orientar-se	No desafio do Jardim, a pessoa teve dificuldades a entender o radar	No desafio do Jardim, a pessoa colecionou todas as folhas que ganhou na galeria
1	Confirma	Confirma	Confirma	Confirma	Não se Confirma	Não se Confirma	Confirma
2	Confirma	Confirma	Confirma	Confirma	Não se Confirma	Não se Confirma	Confirma
3	Não se Confirma	Confirma	Confirma	Não se Confirma	Não se Confirma	Não se Confirma	Confirma
4	Não se Confirma	Não se Confirma	Confirma	Não se Confirma	Confirma	Confirma	Confirma
5	Não se Confirma	Confirma	Confirma	Não se Confirma	Não se Confirma	Não se Confirma	Confirma
6	Confirma	Confirma	Confirma	Não se Confirma	Não se Confirma	Não se Confirma	Confirma
7	Não se Confirma	Confirma	Confirma	Não se Confirma	Não se Confirma	Não se Confirma	Confirma
8	Confirma	Confirma	Não se Confirma	Não se Confirma	Confirma	Confirma	Não se Confirma
9	Não se Confirma	Confirma	Confirma	Confirma	Não se Confirma	Não se Confirma	Confirma
10	Não se Confirma	Confirma	Confirma	Confirma	Não se Confirma	Não se Confirma	Confirma
11	Não se Confirma	Confirma	Não se Confirma	Não se Confirma	Não se Confirma	Não se Confirma	
12	Não se Confirma	Não se Confirma	Confirma	Confirma	Não se Confirma	Não se Confirma	Confirma

Nº	Dificuldades e Confusão com a App	Falhas técnicas da app
1	Pensava que a dificuldade dava mais pontos	Folhas Ambar e Pilriteiro não detetaram
2	Pensava que a dificuldade dava mais pontos No segundo desafio precisava da foto real da arvore	ambiente criativo RA com falhas
3	noção de escala das folhas dificulta a procura	
4	noção de escala das folhas dificulta a procura Sol dificulta a visualização Fechou ecrã por habito Interação 2D em 3D dificultou a interação no ambiente criativo	
5	dificuldades em entender que o botão era para fazer scan	
6		
7	orientar-se no jardim	
8	Dificuldade em ter a atenção à app e ao filho	
9	Por causa da altura precisou dos pais para detetar as folhas	bloqueou numa das perguntas
10		
11	dificuldades de mobilidade fisica	
12	dificuldade em perceber a localização	

Anexo E - Transcrição Entrevistas Semiestruturadas

Transcrições dos Utilizadores Visitantes

		Preferencia
		1
Nº		1.Qual parte gostou mais e qual gostou menos e porquê?
1	Estudante Saúde	“Gostei mais do jardim de procurar elementos. Foi mais divertido, porque tinha um mapa assemelhando-se a uma caça ao tesouro, onde deu para me movimentar. Gostei menos da parte final uma vez que não tinha um objetivo definido não sendo jogo nem competição.”
2	Estudante Saúde	Gostei mais do jardim, procurar as arvores pelo mapa e aprender a cultura e factos sobre elas. Não foi chato, nem tinha muita coisa, gostei disso.
3	Estudante Informática	“Da parte criativa e do jardim de ter um mapa e poder descobrir as árvores.”
4	Estudante Informática	“ A parte que gostei mais foi o jardim porque considero mais engraçado estar a andar e a receber as notificações e também porque tive a experiência anterior de estar a colecionar e depois ter a oportunidade de aplicar o que fiz lá dentro também no exterior. A parte que menos gostei foi a criativa porque penso que ainda falte qualquer coisa. Se não for usada a árvore e for algo só mesmo de colagem acho que é capaz de até funcionar bem.”
5	Estudante do Básico	Goste do jardim, porque dá para procurar as folhas com mais realismo e ver como elas estão nesta fase Não gostei tanto na Galeria, era mais difícil, havia muitas folhas e era complicado de encontrar
6	Estudante do Básico	Gostei mais da parte da Galeria Não gostei tanto de criar em realidade aumentada, eu tenho pouca criatividade
7	Estudante do Básico	Gostei mais do jardim, porque tive de encontrar as arvores e aprendi arvores novas que não conhecia Não gostei tanto na Galeria, achei desinteressante
8	Família	O Jardim, porque gosto mais de explorar
9	Família	Gostei mais do jardim, de encontrar as árvores. Na galeria tive mais dificuldade, não chegava às folhas
10	Família	Gostei mais da galeria, dava mais emoção
11	Meia Idade	
12	Designer	Gostei mais da Galeria por encontrar as folhas em realidade aumentada, não gostei tanto lá no jardim

Retenção		
	a	2.1
Nº do Participante	a. Se sim, acha que se esquecerá rapidamente do que aprendeu com a aplicação?	2.1 Como é que esta aplicação o(a) ajudou a reter esse conteúdo?
1		
2	ainda me lembro que uma falava do âmbar. Lembro-me das histórias.	O facto de ter o desenho da folha, como ela é e como encontrar acho que ajuda a reter e a lembrar.
3		
4	Se eu voltar cá de certeza que me vou recordar do tipo de folhas.	Se não tivesse a colecionar as folhas na parte da galeria provavelmente não ia olhar para metade dos nomes e a informação da aplicação também ajuda a reter mais informação. Ter recebido as notificações ajuda a fazer uma conciliação com o que está no interior que aprendi de uma forma mais teórica. Consegue-se fazer uma ligação visual ao conhecimento técnico”
5	Eu acho que as partes que gostei mais eu vou lembrar durante um bom tempo, e até quando voltar ao jardim vou me lembrar de tudo	A parte das curiosidades ajudou muito para perceber mais sobre as arvores e as folhas e para que é que elas serviram. Interiorizei melhor a informação
6	Eu acho que as partes que gostei mais eu vou lembrar durante um bom tempo, e até quando voltar ao jardim vou me lembrar de tudo	Para mim foi encontrar as arvores no jardim, associei melhor as curiosidades
7		
8	Acho que sim, não estava a prestar muita atenção por causa do nosso filho	
9	Sim	
10	Sim	Procurar e ver o que era e ver as características que ajudou a aprender
11		
12	Daqui a um ano se calhar nao me vou lembrar. Mas acho que me vou lembrar nos proximos tempos	A parte visual, onde esta no mapa por exemplo e na e a informação como a temperatura, ajudou bastante a reter o resto.

	Conhecer mais	
	3	3.1
Nº do Participante	3.Gostaria de conhecer mais árvores e as suas características após ter usado esta aplicação?	Em que medida esta aplicação promoveu o seu interesse/desinteresse em conhecer mais?
1		<p>“Sim. Gostaria de ter conhecido mais árvores depois de usar a aplicação e de ter feito mais folhas.</p> <p>A aplicação promoveu o meu interesse em conhecer mais na medida em que junta conhecimento com jogo e assim torna-se mais fácil uma vez que me estava a divertir. Deixa de ser chato e passa a ver-se como uma brincadeira o que faz com que se aprenda mais.”</p>
2	Uma aplicação que esta futuro, porque nunca vamos ao jardim botânico, e é uma forma de ir ao jardim de uma forma divertida. Se disser aos meus amigos, vamos ao jardim botânico, eles dizem vamos é para o café. Se disser vamos fazer isto no jardim botânico, há um interesse por saber mais sobre isso.	Sim, eu comentei com a minha amiga. Saber a historia das folhas, as curiosidades, achamos isso mais interessante, foi das coisas que mais aprendi lá.
3	“Passar pelas árvores e receber uma notificação com informação é uma forma prática de aprender. Gostava de conhecer mais árvores e acho que era bom expandir a aplicação. Se entrar num jardim e vir a informação que existe uma app vou de certeza experimentar, mas não será isso que me faz ir ou não a um jardim. Não é um fator de diferença, mas com certeza melhora a experiência.	O que provocou mais interesse foi encontrar as árvores e menos desinteresse foi talvez a falta de sentido de escala nas folhas tornando-se demasiado difícil.”
4	“Sim gostava. Acho que me fazia mais depressa vir ao jardim botânico ter algo interativo que possa realizar para além de passear do que se não tivesse nada.”	“Eu nunca tinha vindo à galeria. O facto de haver uma aplicação torna a viagem muito mais interessante. Se estivesse só a passear de certeza que não olhava para metade dos nomes das árvores nem teria atenção ao formato das folhas.”
5	Sim	
6	Sim	
7	Sim	
8	Podíamos ter mais árvores, mas o gps podia ser melhor	Promoveu o interesse porque aprendemos, tirou o interesse porque nos tira o foco do resto
9	Sim	Claro que sim, foi divertido. Quando voltarmos gostávamos de usar aplicação de novo quando voltarmos.
10	Sim	
11		
12	Sim, e gostava que tivesse mais e ficasse aqui sempre	Saber mais sobre as arvores captou o meu interesse

	Amigos	Perceção do espaço
	4	5
Nº do Participante	4.O que diria aos seus amigos sobre a sua experiência com a aplicação?	5.Acredita que irá olhar para este espaço de forma diferente após usar esta aplicação?
1	“Diria aos meus amigos sobre esta experiência que foi giro que temos de ir lá fazer jogos para ver quem ganha. Dir-lhes-ia que tínhamos de descobrir árvores e que possivelmente até poderíamos fazer o nosso próprio herbário.”	“Não irei olhar para este espaço de uma forma diferente após usar a aplicação, mas irei olhar para ele e lembrar que tenho uma memória sobre ele onde aprendi algo novo.”
2	Dizia para irem, que é uma coisa diferente de fazer num jardim. Mas tinham de ter atenção ao tempo, têm de ser bem explicado quanto vai demorar, porque na nossa geração ficamos frustrados quando o tempo é mais do que pensamos.	Se eu fosse em a aplicação, ia achar que as arvores eram todas iguais, agora sei que não. Já tinha ido ao espaço, mas não sabia que era tão grande. Agora dou mais valor.
3	“Falava talvez na parte de exploração do jardim mas não tanto na parte de identificação da folha.”	“Sim. Com a aplicação deu para experimentar coisas novas, despertou a curiosidade. Se houver interesse aumenta a experiência.”
4	“Diria que existe uma aplicação que permite ter acesso a informação sobre a árvore de cada folha. Que recebem notificações sobre as folhas colecionadas no interior, e que exite geolocalização que motiva para vir ao parque.”	“Antes não olhava para o jardim com interesse. Agora motiva. Tem lago interativo e isso torna-te mais recetivo a receber qualquer tipo de informação ou até a experimentar algo. Deixa de ser aborrecido.”
5		Acho que sim. voltar aqui agora vai ser mais divertido e interessante quando voltar aqui com alguem
6		Sim
7		Não, eu tenho pouca atenção e esqueco me rapido das coisas. mas se nao houvesse aplicação nao vinha cá
8		Sim, deu-nos uma experiecia divertida com o nosso filho
9		
10		
11		
12	Foi fixe, deu para aprender mais sobre as arvores e de onde elas são	Obviamente, eu antes nunca tinha prestado bem atenção às arvores e agora vou dar mais atenção

	Contribuição da RA
	6
Nº do Participante	6. Em que medida a realidade aumentada presente na aplicação contribuiu ou não para a comunicação dos temas tratados?
1	<p>“A realidade aumentada ajudou a aprender mais uma vez que consolidou as minhas aprendizagens.</p> <p>As vantagens da realidade aumentada passam por ser a informação que se torna mais fácil de entender e em relação às desvantagens passam por os possíveis inconvenientes de alguma coisa poder demorar mais tempo a abrir ou a falhar. Aponto mais para vantagens que desvantagens. Dentro da galeria foi mais fácil perceber se a folha estava certa ou não sendo o exterior mais difícil já que tinha de perceber por mim própria</p>
2	<p>Na parte criativa acho que foi mais diversão do que educativo para mim. Do resto o visual ajudou-me a decorar as folhas do jogo, se as vir vou me lembrar e dizer qual é e dizer ah esta árvore estava lá.</p> <p>Desvantagem: Se for um idoso acho que não vai conseguir, mas talvez a app não esteja pronta para todas as idades.</p>
3	<p>“Ver fisicamente algo sobre o qual estás a aprender facilita muito mais o processo. Ajuda a absorver mais, tornando-se mais fácil de digerir a informação. As vantagens passam pela consolidação do conhecimento. Uma desvantagem poderá ser o facto de nem todas as pessoas terem acesso a este tipo de tecnologia tornando-se limitado. Nem todos os telemóveis conseguirão suportar esta aplicação.”</p>
4	<p>“O ser humano se não for obrigado a utilizar num conceito prático algo que aprendeu vai se esquecer mais rápido.</p> <p>Ter algo que proporciona uma ligação do conhecimento teórico que é a folha e a procura por ela e as informações à parte prática que é andar pelo jardim e ver o mundo real com árvores ajuda muito mais a consolidar. Para além disso se as informações não fossem mostradas no sítio onde está a folha eu via um texto corrido e provavelmente ia ignorar metade da informação.</p> <p>Encontrar a folha e receber informação não é uma sobrecarga visual. É mais faseada na passagem de informação.</p> <p>Uma desvantagem pode ser a questão das notificações poderem ser um pouco intrusivas se a pessoa pretender apenas passear e caso seja uma criança pode haver o risco de deixar cair o telemóvel. Mas no geral considero a RA segura se for num espaço fechado. Num espaço aberto pode acontecer a pessoa estar demasiado focada no telemóvel e poder bater contra algo ou cair. Mas se fosse assim mapas também seriam perigosos por isso no geral considero bastante seguro.”</p>
5	Facilita mais a encontrar as folhas, e torna mais interessante a zona e marca mais na memória
6	
7	Imenso, é melhor usar o telemóvel, torna a coisa mais divertida
8	Deu-nos informação visual que é mais fácil de obtermos a informação e foi mais fácil também de explicar ao nosso filho A desvantagem é que tira nos a atenção toda
9	
10	Pela diversão, colocar as folhas foi engraçado, ajudou a aprender.
11	
12	<p>Porque é preciso observar o que está à nossa frente no mundo real, e deixas de olhar tanto para o ecrã.</p> <p>Uma desvantagem é o público-alvo, os meus avós não iriam saber usar nem perceber. Pensam que é bruxaria.</p>

	Contribuição Ludica
	8
Nº do Participante	8. De que forma os jogos contribuíram ou não para a comunicação dos temas tratados?
1	“Os jogos contribuíram para a comunicação da ciência/dos temas tratados na aplicação, mas considero que se olharmos para eles em forma de competição é mais difícil estar atento a todos os pormenores e informação em comparação a usarmos sozinhos a aplicação o que permite estar mais concentrado na informação que é transmitida. É uma vantagem porque tenho gosto por museus, mas se for acompanhada por alguém que não tenha tanto interesse torna-se chato para as outras pessoas. Esta é uma forma para as pessoas se sentirem motivadas a ir. Em relação ao jogo da aplicação a vantagem é conseguir olhar de uma forma diferente já que promove interesse . Uma desvantagem é estar apenas focada nas folhas que aparecem na aplicação.”
2	É mais fácil prender a atenção com um telemóvel que com um livro ou uma folha. Se me dizem para jogar um jogo, fico toda contente. Isso ajuda-me a ter motivação para aprender se isso implica eu ganhar.
3	“Incentiva as pessoas a competir e a querer serem melhores no que estão a fazer. Passamos da aprendizagem de um método passivo para um método ativo tendo também um feedback do que estamos a realizar através dos pontos. Uma desvantagem pode ser a penalização no modo difícil em que ficas com zero pontos muito facilmente. É necessário ter cuidado para a dificuldade não desmotivar completamente a pessoa. Isso pode desmotivar quando se deixa de estar focado no conteúdo, mas sim na mecânica. Tentamos realizar a tarefa em vez de aprender a solução.”
4	“A informação ser faseada, haver um desafio que motiva mais tentar encontrar a informação e retê-la e a ligação teórica e prática. Pode ser uma desvantagem ter de olhar para o ecrã mais vezes.”
5	Tornou as coisas muito mais interessantes, tornava a coisa um desafio e motiva-nos Desvantagem: A aplicação tira um boado de tempo de ver as outras coisas, usou-nos um pouco a atenção
6	
7	Se não tivesse jogos, seria horrível.
8	
9	
10	Sim, dá mais emoção e motivação de ir atrás. Gostei de ver a informação enquanto jogava e não ser só uma árvore mas uma coisa rica de conhecimento. A competitividade pode prejudicar o conhecimento. torna-se mais sobre os pontos e tempo que sobre se é um carvalho.
11	
12	Ajudou naquela parte onde tive que observar e fazer as associações, entre o que estou à procura, o que estou a ver e o que é que é. Ajuda a ser divertido, passa a tornar algo educativo em entretenimento e dá-me muita mais motivação. Desvantagem: nenhuma

	Aspetos de Jogo Barthle	Octalysis
	9	10
Nº do Participante	9.Quais aspetos considerou mais importantes nos jogos que jogou?	10.Poder-me-ia apontar uma ou mais motivações que o levariam a jogar um jogo deste género?
1	“Os aspetos mais importantes nos jogos que joguei foram a competição e o facto de poder explorar .”	“Motivou-me mais a surpresa de não saber o que ia acontecer e também colecionar e ter a recompensa de ter conseguido todas as folhas.”
2	Competição e exploração, se não houver exploração também não há competitividade	Competir
3	“Exploração, competição e também a criatividade e o facto de a aplicação ser apelativa.”	“A competitividade, a parte social e colecionar.”
4	“Identifico-me com a parte da exploração”	“Senti-me motivada na parte de colecionar as folhas porque sabia que quantas mais folhas tivesse mais coisas tinha para explorar e mais preenchida ia ficar a coleção. Exploração e conquista são as motivações principais e também a maneira como a informação é exposta e a surpresa. Foi uma boa experiência.”
5	Competição, gostei de ver que conseguia mais rápido	Encontrar todas as informações
6	Competição e exploração	Estar aqui com eles em grupo (social)
7	Explorar, parecia o pokémon go	
8	Explorar	Exploração
9		
10	Competitividade e exploração País: Perferiram a cooperação, sem concorrências.	Colecionar, até coleccionei as folhas das árvores quanto jogava, agora vou leva-las para casa.
11		
12	Criação e competitividade comigo própria	Surpresa , não saber que vai a acontecer e Explorar

	Envolvimento	Voltar a usar
	11	12
Nº do Participante	11.Sentiu-se envolvido durante o uso a aplicação?	12.Voltaria a usar uma aplicação deste género?
1	“Sim, senti-me envolvida pela aplicação porque queria ganhar e para além disso consegui explorar.”	“Sim. Voltaria a usar. Tive alguma dificuldade no radar da galeria. Só mais tarde percebi que o mapa se mexia.”
2		Sim, se tiver um jogo eu alinhio,se for mais informativo nao ia gostar
3	“Sim. Pela própria competição que acaba por ser natural. Se fosse realizado sozinho não seria tão motivante. Acho que pode ser usada por exemplo numa viagem escolar tornando-se bastante interessante.”	Sim
4	“Sim. Gostei de ter um objetivo quase como se fosse uma missão”	“Sim. Usaria de novo talvez num outro local também.”
5	Sim, o facto de estar a competir com outros e ter a informação toda acaba por ser viciante e quero continuar até acabar	Sim
6	Sim	Sim
7	Sim	Sim, mas se ainda fosse melhor gostava mais
8	Sim	Sim, mas podia ser mais pervasiva, por exemplo no desafio do exterior poderiam tirar o mapa e dar nos a possibilidade de meter o telemóvel no bolso e so termos a notificação quando estivermos perto.
9		
10		Sim, claro que sim. Usava para outras situações. Tem se a parte mais interativa e a parte do conhecimento também. Hoje em dia o digital passou de so poder ler, mas conseguir mexer e interagir e ser ao nosso ritmo. Nem todos temos as mesmas curiosidades, as mesmas situações, personaliza muito mais o conhecimento em função daquilo nos queremos e estamos à procura.
11		
12		Sim, para conhecer mais espécies e noutros sitios

	Interação com RA	Teoria do Fluxo
	13	14
Nº	13. Acheu natural a interação com a realidade aumentada no ambiente criativo?	14. Os desafios propostos estavam à altura das suas competências e habilidades?
1	“Sim. Achei natural a interação consegui fazer o que queira. Gostaria de ter também flores na realidade aumentada e poder mover mais coisas.”	“Acho a aplicação à altura das minhas competências e habilidades e acho isso um ponto positivo porque não era demasiado fácil nem difícil. Não me senti frustrada nem me senti que estava a ser tratada como um bebé”
2	Não, queria apanhar a folha e não percebi como. Se desse para definir previamente o tamanho das folhas e como a queria seria melhor, assim poderia criar uma árvore. Assim tenho de por uma a uma e mudar o tamanho. Gastan muito tempo e no fim vai ficar feia em relação ás folhas do jardim que são bonitas.	Sim, não foi muito difícil nem muito facil.
3	“Sim foi bastante intuitivo. Gostei mais de interagir com as folhas autocolantes. Falta contraste às reais. Estavam muito esbatidas talvez pelo ecrã do telemóvel. Podem ser usadas talvez por públicos diferentes e também em função do contexto.”	Sim. Penso que tem a quantidade certa de difícil. Mas a parte final da recompensa ser um zero é muito agressivo. É desmotivante perder pontos por demorar muito tempo. Devia somar pontos por se ter um bom tempo, mas não descontar por se demorar mais. Não devíamos ser penalizados pelo mesmo erro várias vezes.”
4	“Considero que 2D e 3D não combinam da melhor forma. Poderíamos talvez até fazer um postal e enviar para alguém ou então na árvore mudar para modo 3D em que o público dava a densidade. Não sinto a necessidade de mover e colocar em outras partes do mundo real porque o maior problema é não conseguir colocar as folhas uma a uma. Ia demorar muito tempo. Não se torna muito prático. Seria complicado fazer algo mais complexo se for esse o objetivo. Entre as folhas autocolantes e as reais escolheria umas ou outras em função da pessoa ou do objetivo. Por ex. para algo mais caricaturado seria mais apropriado os autocolantes. Para algo mais realista ou para um público mais adulto as outras seriam a melhor opção por isso mantinha as duas opções. Assim toda a gente pode utilizar de forma perfeita.”	“Acho que sim. Considero a parte do scan das folhas a mais complicada, mas no geral sim. Ter três níveis de dificuldade é muito bom para cada um se adaptar.”
5	No inicio foi difícil, tive de ler o tutorial. Tinha dificuldade em perceber o espaço, mas depois de aprender fiquei com vontade fazer mais.	Senti-me confiante
6	Foi difícil, mas à medida que ia usando ia aprendendo. Foi natural para mim. Era complicado de posicionar as folhas.	
7	Achei natural, gostei da aplicação ter erros, queria abusar dos recursos da aplicação	Senti muita facilidade, mas ajudou porque gosto de coisas faceis
8		Sim, para o nosso filho é que não
9	Gostaria de criar um espaço, tipo um campo e poder ter animais e coisa para cuidar. Seria engraçado.	
10	Foi bastante simples. Gostei muito de criar.	Sim, foi equilibrado.
11		
12	Sim, achei bem preciso e as coisas ficavam muito naturais no mundo	Sim, não tive a perder tempo e percebi logo, fiquei muito mais envolvida.

	Sugestões
	15
Nº do Participante	15. Como última questão, pergunta se o participante quer deixar alguma mensagem ou sugestão.
1	<p>“Achei muito giro, só tive pena de não ter sido feito com mais árvores e mais folhas, mas isso também ia aumentando a dificuldade. Gostaria de ter mais conteúdo pelo menos cá fora já que foi o sítio que eu gostei mais.”</p> <p>Adicionava flores :)</p>
2	Tive dificuldade em entender onde estava a árvore, podiam ter a folha em vez da árvore, isso ia ajudar mais.
3	Mais jogos onde escrever o nome da árvore da folha, apostar mais em RA, QR code na entrada
4	A última parte servir quase como postal e ter um modelo inserido
5	
6	Gostava que desse para iOS
7	Haver mais 3 folhas, para fazerem os 3 níveis de dificuldade que tem
8	Podiam melhorar o gps
9	
10	<p>Queríamos poder descarregar a aplicação com o código qr ou assim à entrada</p> <p>A app podia ter dois modos, um modo competir e um modo explorar. Também podia conter um tempo mínimo para a pessoa ter de ler (precisa de 5min para poder ler).</p> <p>Pais: Sou a favor do uso desta tecnologia para educar os meus filhos, têm é de saber que existe uma parte boa e uma parte má. Saber os perigos e saber o que ajuda. Terem de saber mais do tempo que passam e saber regular isso.</p> <p>Juntar a fauna à flora</p>
11	
12	Era fixe poder colocar as nossas criações num mapa e qualquer pessoa as poder visitar com a aplicação. Deixar mensagens. Fazia com que as pessoas quisessem criar mais, usar o remix como o tik tok. Também adicionava a funcionalidade fazer vídeos.

Transcrições dos Utilizadores Profissionais do Museu

		Preferencia	Aprendizagem	Retenção	
		1	2	a	2.1
Nº do Participante		1.Qual parte gostou mais e qual gostou menos e porquê?	2.Durante o seu uso com a aplicação, aprendeu algo novo?	a. Se sim, acha que se esquecerá rapidamente do que aprendeu com a aplicação?	2.1 Como é que esta aplicação o(a) ajudou a reter esse conteúdo?
13	Colaborador Galeria	“Gostei mais do jogo, de procurar e do design. O que menos gostei foi por exemplo não ver as curiosidades”	“Sim. Considero que através do jogo é mais fácil obter informações do que por intermédio da leitura.”		
14	Colaborador Galeria	Gostei mais da parte do jardim, é procurar num ambiente maior e é procurar em relação a uma coisa que já vimos, fazendo uma ligação entre dois espaços, o interior e o exterior.	Não tenho bem a certeza. Acho que existe potencial para aprender alguma coisa nova, mas não li com muita atenção por exemplo as fichas das plantas. Se tivesse prestado mais atenção sim.	Não me esqueceria facilmente da informação pois como a informação é simples e é útil é algo que fica na memória.	
15	Colaborador Galeria	“Gostei mais do jardim, a que tive menos interesse foi a parte das folhas na galeria”	“Sim. Na parte das folhas e algumas curiosidades também. Vai-me ficar na memória por ter usado esta aplicação.		O design ajudou-me a reter o conteúdo talvez mais do que se fosse algo falado.”
16	Colaborador Jardim	“Gostei mais do jardim. Gostei menos da última parte porque não entendi muito bem. A explicação ajudou a entender melhor e os exemplos.”	“Não uma vez que também fui eu a sugerir os conteúdos.”		“Ajuda porque obriga as pessoas a verem a silhueta das folhas e a estarem atentas a esses pormenores, O facto de terem de procurar a planta no jardim obriga também a estar atento a todas as outras.”

	Conhecer mais		Amigos	Percepção do espaço
	3	3.1	4	5
Nº do Participante	3.Gostaria de conhecer mais árvores e as suas características após ter usado esta aplicação?	Em que medida esta aplicação promoveu o seu interesse/desinteresse em conhecer mais?	4.O que diria aos seus amigos sobre a sua experiência com a aplicação?	5.Acredita que irá olhar para este espaço de forma diferente após usar esta aplicação?
13	“Sim, talvez mais árvores lá fora.”	A aplicação promoveu o meu interesse na medida em que ao passar pelas folhas podia não saber de que espécie são mas com as de lá de fora deu-lhes mais valor.”	“Diria para experimentar a para tirarem umas fotos e que o jogo foi giro.”	“Sim, uma vez que através da aplicação consegui explorar de uma forma diferente.”
14		Sim. Tive vontade de conhecer as outras folhas e procurar as restantes árvores.	Diria que é uma aplicação interessante para descobrir esta parte das plantas tanto na galeria como no jardim, que é uma coisa engraçada para se fazer. Que é uma atividade que não é passiva nem sedentária. Recomendaria ainda mais para crianças, mas não necessariamente.	Acho que sim porque quando usamos a aplicação somos desafiados a fazer coisas e isso motiva e também serve para complementar a informação. Ou seja, quando encontramos as arvores lá fora e vemos as fichas tem informação que de outra forma não iríamos ter acesso.
15	“Sim, pelo menos lá fora andar à procura das árvores e conhecer. A aplicação ajudou a promover o meu interesse já que obriga a uma interação, obriga a mexer, a ir ter com a árvore o que é engraçado e desperta curiosidade.”		“Diria que foi muito interativo que seria interessante expandir para outros jardins. Para amantes de botânica seria engraçado andar com o telemóvel como se fosse uma lupa interativa e andar à descoberta das árvores. Era interessante usar esta aplicação também lá fora.”	“Sim, com mais interesse.”
16		“Acho que esquematicamente está muito bem conseguida, o designe está apelativo e isso também é uma mais-valia. A informação está muito concisa, muito concentrada e fácil de entender. Podia causar desinteresse se tivesse textos muito longos e com informações que não interessem às pessoas. Podia também causar desinteresse se o sinal de GPS não funcionasse muito bem e as pessoas demorassem muito tempo a encontrar, as notificações demorassem muito tempo a aparecer, podendo perder o interesse e ficar frustradas.”	“Diria que era um jogo giro para se jogar em família. Recomendaria a aplicação.”	“Sim. Eu acho que a aplicação devia ter mias plantas que ganharia mais interesse se abrangesse todo o jardim. Seria bom poder oferecê-la aos visitantes. É difícil ver o jardim de forma diferente depois da aplicação uma vez que já o conheço à muitos anos, mas se calhar as árvores sim. Irei olhar de forma diferente.”


	Contribuição da RA
	6
Nº do Participante	6. Em que medida a realidade aumentada presente na aplicação contribuiu ou não para a comunicação dos temas tratados?
13	“As vantagens serão (a informação está lá) e não ter de procurar por ela. A desvantagem talvez passe por ser demasiada informação. Por ex. as listas que têm a zona com textos muito longos . Acho que faz sentido ter um meio termo tal como vocês se comprometeram a ter só com quatro fatores para não terem uma lista tão extensiva ficando com uma imagem apelativa.”
14	Acho que a experiência é mais personalizada. Ao usar ferramentas digitais e o nosso próprio telemóvel a ideia de personalização é maior. E o facto de quando se encontra uma planta desbloquear uma folha que depois podemos utilizar torna a experiência mais nossa sendo que estão a ser guardadas no nosso próprio dispositivo. É como se estivéssemos a dar coisas às pessoas. A RA tem a potencialidade de sem haver recursos que tenham de estar no sítio, somente com o telemóvel do visitante, poder-se dar mais alguma coisa e desenvolver o sentimento de pertença. Quando plantamos uma arvores escolhemos o sítio onde a plantar, podemos decorá-la e isso torna a experiência única. As pessoas ficam a sentir que vêm ao seu próprio jardim botânico. A desvantagem prende-se com as limitações do funcionamento do GPS que não é perfeito. Essas falhas podem levar à frustração.
15	“Uma vez que vivemos na era da tecnologia, tudo o que seja associado a ela tem uma tendência a ficar mais depressa na nossa memória, portanto acho que essa parte ajuda imenso e poder estar a interagir ajuda tanto na aprendizagem como no interesse. Uma desvantagem é a questão de estarmos muito tempo ligados a isto. Pode ser um problema principalmente em crianças. Mas se for por uma questão educacional talvez se justifique. “
16	“É possível comunicar a ciência sem a interação de outras pessoas. O comunicador da ciência não necessita de estar em tempo real ao lado das pessoas. A aplicação assume-se como mais uma ferramenta para a comunicação da ciência não sendo intrusivo. A pessoa faz livremente o seu percurso e assim consegue-se chegar ao público de maneira diferente. É mais interativa, mais lúdica. Uma possível desvantagem poderia ser por exemplo se o telemóvel não funcionar ou ficar sem bateria. Se a pessoa for infoexcluída pode não entender logo podendo não ser a comunicação tão fluida como se fosse uma pessoa a explicar.”


	Contribuição Ludica	Aspetos de Jogo Barthle
	8	9
Nº do Participante	8. De que forma os jogos contribuíram ou não para a comunicação dos temas tratados?	9. Quais aspetos considerou mais importantes nos jogos que jogou?
13	“Acho que o jogo torna as coisas interessantes.”	“A exploração.”
14	Acho que o jogo motiva. Através dele somos convidados a participar. Também se pode falar na competitividade como uma motivação tanto para aprender os conceitos como para encontrar as plantas. Ao desafiar a pessoa para entrar no jogo para competir no fundo estamos a desafiá-la para descobrir a informação e aprender alguma coisa. A desvantagem pode ser não funcionar. A pessoa é desafiada para o jogo e esse jogo tem uma sequência de ações que a levam a ter atenção a determinadas coisas, mas é imprevisível como é que a pessoa vai fazer isso. Assim pode entrar no jogo, mas não entender o que está por trás. Pode assumir-se como um perigo. A motivação pode não funcionar para toda a gente.	A exploração. Acho que também é importante a criatividade, mas pessoalmente a exploração é o mais importante para mim. Eu quero chegar e ver coisas diferentes. Gosto especialmente da ligação da galeria com o espaço exterior e fazer a articulação. O cruzamento das duas exposições é interessante para além de que convida a andar tornando-se dinâmico. Por ser RA não cola as pessoas ao dispositivo obriga a olhar ao redor.
15	“O jogo pode ser uma forma de fidelização na medida em que existe a necessidade de completar tudo.”	“Na exploração.”
16	“A vantagem será haver algo que melhore a experiência e a interação da pessoa com a aplicação. O jogo torna-se o motivo para a pessoa ser receptiva à informação. Uma desvantagem é o facto de limitar o público-alvo.”	“A exploração.”


	Octalysis	Envolvimento	Voltar a usar	Interação com RA
	10	11	12	13
Nº do Participante	10.Poder-me-ia apontar uma ou mais motivações que o levariam a jogar um jogo deste género?	11.Sentiu-se envolvido durante o uso a aplicação?	12.Voltaria a usar uma aplicação deste género?	13.Achou natural a interação com a realidade aumentada no ambiente criativo?
13	“Talvez pela coleção”	“Talvez a surpresa de não saber o que vai acontecer. Haver uma recompensa sem as pessoas saberem que ela existe.”	“Sim. Por exemplo uma aplicação que use os ovos para as aves e com outros animais do jardim botânico. Acho que as pessoas iam gostar muito.”	“Sim foi.”
14	Eu diria pela surpresa em primeiro lugar, tentar descobrir que conteúdos é que ali estão e que eu posso aproveitar e ver e também a parte do colecionismo e a competição para querer chegar ao fim, completar a tarefa.		Sim	Não tive dificuldade .(...) Não achei que a interface fosse diferente de outras aplicações que usei. Não é a coisa mais fácil de fazer, mas também não é difícil em particular. Uma coisa que tentei fazer foi aumentar e reduzir o tamanho das folhas e tentar rodá-las e fiz isso sem dificuldade. Pode haver uma dificuldade a encontrar o plano por ex. para as placas para as árvores, mas considero também que isso já tem a ver com as minhas referências ou a falta delas a realizar este tipo de atividade. Acho que existe uma curva de aprendizagem, porque estamos habituados a trabalhar em duas dimensões, e as pessoas em tres dimensões têm mais algo para pensar.
15	“Conseguir colecionar tudo.”	Sim	“Voltaria sem dúvida a usar mais aplicações deste género.”	“Sim. Consegui perceber, mas se calhar poderia haver um tutorial a explicar melhor ou até mais documentação. Gostei mais das folhas reais pois podia-se misturar a nossa realidade no mundo. Os autocolantes talvez pudessem ser usados para criar um cartoon ou com atividades com crianças.”
16	“A parte de procurar mais pela experiência.”		“Onde senti mais dificuldade foi na parte da semente a cair no chão e não percebi de onde é que apareceu a árvore.”	“Não achei natural a interação. Se calhar precisava de uma curva de aprendizagem. Mas quando vi a fazer entendi e se calhar já conseguia fazer eu sozinha. Só não percebi muito bem ao início porque é eu estava a escolher as folhas, porque é que apareciam as folhas douradas e como é que fazia cair a semente. Acho que precisava de um tutorial mais rico e mais interativo para a pessoa aprender. Ao pegar na árvore senti também alguma dificuldade na profundidade.”


	Teoria do Fluxo	Sugestões	Revelante à Galeria
	14	15	16
Nº	14.Os desafios propostos estavam à altura das suas competências e habilidades?	15.Como última questão, pergunta se o participante quer deixar alguma mensagem ou sugestão.	Acha que este tipo de aplicações é relevante à Galeria
13	“Sim, no entanto, acho quem nem toda a gente poderá ter paciência, mas com a vossa aproximação a resposta ao jogo será claramente o sim. Senti-me mais envolvido. Fiquei a saber a localização de mais árvores apesar do GPS não estar a funcionar totalmente bem.”	Achei que estava ótimo	
14	Acho que sim. Não tive a sensação de ser demasiado fácil, mas também não me senti preso ao tentar avançar. Acho que o grau de dificuldade é adequado. Não me senti frustrado nem muito desafiado.	Colocaria as imagens das árvores do proprio jardim no desafio exterior, iria a ajudar melhor a procura.	
15	“Sim. Não foi muito fácil nem difícil. Bastante equilibrado. Acho que faz falta para visitas individuais, mas também seria muito bom em vivitas guiadas, para fazer jogos com as crianças ou adolescentes. Podia-se usar também com outras coisas, por ex. cães, ovos, comprimidos, etc.. Usar o meu próprio equipamento melhorou a experiência, mas pode haver pessoas a não querer instalar a aplicação.”	“Talvez uma melhoria no GPS e tutoriais.”	Acho que faz falta para visitas individuais, mas também seria muito bom em vivitas guiadas, para fazer jogos com as crianças ou adolescentes. Podia-se usar também com outras coisas, por ex. cães, ovos, comprimidos, etc.. Usar o meu próprio equipamento melhorou a experiência, mas pode haver pessoas a não querer instalar a aplicação.”
16	“Sim. Se eu não entendesse bem a aplicação se calhar desistia.”	“Achei que a informação estava boa, não faltava conteúdo, mas havia uns pequenos erros na nomenclatura e talvez desse mais importância a outras informações sobre as espécies que eu acharia mais interessante falar. No meu ponto de vista a informação até estava simplificada de mais. Isso também não pode acontecer porque pode-se perder o rigor científico. A informação que a aplicação tem é cativante, no entanto por ex. no pilriteiro não colocaria aquela informação por não pertencer à nossa cultura, mas sim à medicina chinesa não sendo tão interessante para os europeus. Talvez colocasse coisas mais relevantes no nosso país.	Acho que este tipo de aplicações poderia ser uma mais-valia e expandiria para outras coisas como por exemplo a fauna selvagem do jardim ou geologia. Acho que se adequa a públicos mais novos.”


Anexo F - Dados dos Peritos de Interação


Perito	Carimbo de data/hora	O jogo é divertido, sem tarefas repetitivas ou aborrecidas?	O jogador não é penalizado de forma repetitiva pelo mesmo erro.	O jogador não perde nenhum bem que foi duramente conquistado.	A jogabilidade é longa e duradoura e mantém o interesse do jogador.	Qualquer fadiga ou aborrecimento foi minimizado por atividades variadas e ritmo durante o jogo.	 Comentários
1	2021/06/04 20:14:13	2	0	3	2	0	Falta nas respostas uma opção de não aplicável ou não verificado na experiência que tive. Como eram de resposta obrigatória tive de usar o zero. Quanto à resposta da repetição e diversão, penso que devia haver uma notação mais clara de quantas folhas levei para o exterior e do número de folhas a encontrar ser variável ou seleccionável para que não seja sempre o mesmo número.
2	2021/06/14 22:04:34	0	0	0	0	2	


O desafio, a estratégia e o ritmo estão em equilíbrio.	O jogo é ritmado para aplicar pressão sem frustrar os jogadores.	É fácil de aprender, mas difícil de dominar.	Os desafios são experiências de jogo positivas, em vez de experiências negativas, resultando na vontade de jogar mais, em vez de desistir.	 Comentários
0	0	0	3	Na explicação dos desafios foram encontrados alguns problemas (explicados e discutidos durante a sessão) que dificultaram a execução de algumas tarefas
0	2	2	2	O jogo possui no momento um número limitado de folhas e árvores (por ser um protótipo). Por conta disso, o desafio pode ser comprometido na rejogabilidade uma vez que é possível decorar a localização das folhas/arvores disponíveis. Também se aplica aqui o problema apontado anteriormente de algumas folhas serem mais difíceis que outras (por terem muitas folhas parecidas e um formato/cor mto comum), fazendo com que os desafios variem muito em um mesmo nível de dificuldade (fácil, médio e difícil), causando um pouco de frustração.


O mundo do jogo reage ao jogador e lembra-se da sua passagem através dele.	As mudanças que o jogador faz no mundo do jogo são persistentes e notáveis se recuarem até onde já estiveram antes.	 Comentários
4	4	Não é possível recuperar a informação do ecrã de resultado da primeira fase do jogo e quando se joga duas vezes não é cumulativo sendo assim o jogo parece esquecer-se
0	0	O jogo estabelece um ótimo paralelo entre as folhas da galeria e as árvores no jardim :)


Os objetivos do jogo são claros. O jogo fornece objetivos claros, apresenta objetivos principais no início do jogo, bem como objetivos a curto prazo durante todo o jogo.	As competências necessárias para atingir objetivos são ensinadas cedo o suficiente para jogar ou utilizar mais tarde, ou mesmo antes dessas competências serem necessárias.	O jogo dá recompensas que mergulham o jogador mais profundamente no jogo, aumentando as suas capacidades, capacidade ou, por exemplo, expandindo a sua capacidade de personalização.	 Comentários
3	3	3	Como referido anteriormente, alguns dos desafios ou interações não são claros. Não há uma sensação clara de recompensas ao longo do jogo, um pouco mais de gamificação poderia ser gratificante. Também não existe muita capacidade de personalização.
1	2	0	Durante o primeiro teste, não havia ficado claro que eu receberia uma pontuação pelo tempo e accuracy no scan das folhas. É necessário tornar mais claro que esses dois fatores são competências e objetivos que contam para a tua pontuação, dando a chance do jogador incorporar essa dinâmica no jogo antes de receber o score final.


O jogo suporta uma variedade de estilos de jogo.	O jogo é equilibrado com múltiplas formas de ganhar.	Os primeiros dez minutos de jogo e as ações do jogador são dolorosamente óbvias e devem resultar em feedback imediato e positivo para todos os tipos de jogadores.	O jogo tinha diferentes dificuldades de modo que era um desafio para todos os níveis de jogadores, sejam eles principiantes ou peritos.	 Comentários
0	0	0	0	Como não tinha muita gamificação não senti muito como um jogo, reparei que tinha uma timer mas não parecia estar a funcionar ou não teve qualquer impacto na experiência. Mais uma vez não tenho opção de não aplicável ou verificável usei a opção 0.
0	2	0	2	Como não há a possibilidade de adquirir um hint (por exemplo, uma dica de qual dos 4 painéis a folha poderia estar), o jogador pode apenas pular (desistir) ou encontrar a folha correta. Poderia ser interessante adicionar isto como uma forma alternativa de ganhar a fase. Quanto a escolha da dificuldade, como mencionado anteriormente, a dificuldade varia muito em um mesmo nível (por terem muitas folhas parecidas e um formato/cor mto comum). A diferença de interface/gráfica do nível fácil para o nível médio não apresenta (ao meu ver) uma facilitação muito significativa para o jogador.


O jogador sente-se no controlo.	O jogador tem uma sensação de controlo e influência sobre mundo do jogo.	 Comentários
3	3	Por diversas vezes não compreendi o que se pretendia fazer foi preciso alguma ajuda para sair e voltar às diferentes áreas assim como a descoberta de áreas
0	0	Sim, tem-se a sensação de controle e influência. Ao buscar as árvores no jardim o jogador tem controle para escolher os caminhos e a ordem que preferir, dando liberdade para explorar o ambiente.


O jogo oferece algo diferente em termos de atração e mantém o interesse dos jogadores.	 Comentários
0	
0	Sim. A ligação entre a galeria e o jardim feita pelo jogo é mto encantadora :)


O jogo utiliza conteúdo visceral, áudio e visual para promover a imersão dos jogadores no jogo.	 Comentários
0	Não se aplica a questão da imersão pois no passeio no jardim foi sugerido que fizesse um passeio sem olhar para o telemóvel e ele iria dar notificações.
0	Sim, através dos feedbacks visuais e sonoros ao encontrar/aproximar das árvores e folhas. Também através do feedback háptico do telemóvel.


O jogador não precisa de ler um manual ou uma documentação para jogar.	O leitor não precisa de aceder ao tutorial para poder jogar.	 Comentários
0	0	
0	1	Acho que seria interessante ter apenas uma indicação mais clara do segundo item do menu (a árvore que representa a atividade no jardim) sobre em que ponto ele ficará disponível e como esta atividade se complementa com a primeira. (Poderia ser um menu ativo em empty state com mais informações sobre a segunda atividade e direcionando o jogador a primeira atividade)

Os controlos do jogo são consistentes dentro do jogo e seguem o padrão convenções.	Os indicadores de pontuação são contínuos, óbvios, disponíveis e não interferem com o jogo.	A coerência encurta a curva de aprendizagem ao seguir as tendências definidas pela indústria do jogo para satisfazer as expectativas dos utilizadores.	 Comentários
0	0	0	Não me recordo de ter informação sobre pontuação.
0	2	0	O jogo possui ótimas e pertinentes indicações de estado. Apenas acredito que os parametros para a pontuação final (tempo e accuracy) são obscuros ao jogador no primeiro contato.


O jogo fornece feedback e reage de forma consistente e imediata, de forma desafiante e emocionante para as ações dos jogadores.	Dá feedback áudio/visual/visceral adequado (música, som efeitos, vibração do telemóvel).	 Comentários
0	0	
0	0	Sim, bons feedbacks em tempo apropriado.

Os objetivos do jogo são claros. O jogo fornece objetivos claros, apresenta objetivos principais logo no início, bem como objetivos a curto prazo ao longo do jogo.	As competências necessárias para atingir os objetivos são ensinadas suficientemente cedo para jogar mais tarde, ou mesmo antes da nova competência ser necessária.	O jogo dá recompensas que mergulham o jogador mais profundamente no jogo, aumentando as suas capacidades, capacidade ou, por exemplo, expandindo a sua capacidade de personalização.	 Comentários
0	0	0	Penso que nenhuma destas situações é aplicável a primeira opção deste grupo está repetida.
0	0	0	Em termos de terminologia utilizada, nenhum comentário

O jogo não coloca um fardo desnecessário sobre o jogador.	O jogador recebe controlos que são suficientemente básicos para aprender rapidamente, mas expansível para opções avançadas para jogadores avançados.	 Comentários
0	0	
0	0	O jogo, as mecânicas e os controlos são diretos e simples.

A disposição do ecrã é eficiente, integrada, e visualmente agradável.	O jogador experiêcia a interface do utilizador como consistente (cor, tipografia, diálogo e desenho da interface de utilizador).	Os jogadores experienciam a interface de utilizador como parte do jogo.	A arte é reconhecível ao jogador e fala à sua função.	 Comentários
0	1	1	0	Foram encontrados alguns problemas ao nível da comunicação do estado dos controlos relacionados com as cores assim como na composição. As memórias foram sugeridas durante a sessão.
0	0	0	0	Sim, bom trabalho integrando as ilustrações, os icons, o mapa ilustrado e a tipografia ao longo de todo o projeto.

A navegação é consistente, lógica e minimalista.	 Comentários
1	
1	

Os erros do jogador são evitados.	A interrupção do jogador é suportada, para que os jogadores possam facilmente abrir e fechar o jogo e ser capaz de guardar o jogo em diferentes estados.	Ao abrir o jogo, o jogador tem informação suficiente para começar a jogar.	Os jogadores devem receber ajuda sensível ao contexto enquanto jogam, para que não fiquem presos e precisem de contar com um manual para obter ajuda.	Todos os tipos de jogadores são capazes de jogar e de se envolver rapidamente e facilmente com tutoriais, e/ou dificuldade progressiva, ou níveis ajustáveis.	 Comentários
1	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	

Visibilidade do estado do sistema	Problemas Encontrados	Recomendação	Combinação entre o sistema e o mundo real	Problemas Encontrados	Recomendação
0			2	Precisa de algum trabalho já enunciado anteriormente.	
2	Falta um feedback de qual item do menu esta selecionado/ativo na barra inferior. Embora os ícones possuam uma animação para indicar que foi selecionado, o feedback some após o término da animação.	Adicionar um estado selecionado/ativo para os ícones do menu. O feedback poderia ser dado na forma de um ícone com cor diferente (tomando cuidado para não ser mto semelhante o estado desabilitado já existente) ou uma versão do ícone preenchido no lugar do outline.	2	<p>De forma geral o jogo faz isto muito bem com o mapa, as ilustrações, as terminologias, os ícones das plantas e etc. :)</p> <p>Um ponto a levantar aqui é o fogo e o floco de neve para representar quente e frio. Como plantas podem também ser resistentes ou não a fogo e gelo (existem árvores que suas sementes só abrem com o fogo das queimadas naturais), a representação pode não ficar clara e o conceito se perder.</p> <p>Outro ponto menor está na representação gráfica do "resistência média" na página de informação sobre a planta. Pode ficar um pouco ambígua pois parece um símbolo de "menos" (poderia ser interpretado assim). Com o contexto dos outros (resistência alta e baixa representada por setas para cima e para baixo), o conceito fica mais claro. Entretanto sem esse contexto, o conceito da representação se perde um pouco.</p>	Colocar labels ou retrabalhar o ícone

Controlo e liberdade do utilizador	Problemas Encontrados	Recomendação	Consistência e normas	Problemas Encontrados	Recomendação
0			0		
0			3	Em determinados pontos da interface, a iconografia utilizada para representar o jardim muda de 1 árvore (menu) para 3 árvores (botão e iconografia do herbário e na tela de pontuação da atividade 1), criando ambiguidade. A galeria da biodiversidade e sua atividade é representada também por ícones diferentes (casa no menu e folha no herbário) ao longo da interface. A casa, em outras aplicações, tem o significado comum de "home" ou "tela inicial" e pode causar um pouco de confusão neste contexto.	Repensar ícone da casa para não causar ambiguidade com a interpretação de "tela inicial". Utilizar o ícone do jardim e da atividade na galeria de maneira mais consistente em toda a aplicação.

Prevenção de erros	Problemas Encontrados	Recomendação	Reconhecimento em vez de recordar	Problemas Encontrados	Recomendação
0			0		
2	Não há nenhuma confirmação caso o jogador clique para sair do jogo de escanear as folhas ou do modo de AR acidentalmente. Isto pode levar a perda de progresso significativa no jogo e no modo AR.	Estudar inserir um diálogo de confirmação para abandonar o jogo em progresso.	2	Na página do "herbário" os cartões de coleção indicam apenas com ícones se uma determinada folha/arvore foi encontrada na galeria e/ou no jardim. Para compreender estes cartões e seus estados é preciso lembrar/assumir o que estes ícones representam. O ícone da realidade aumentada, por ser uma tecnologia ainda em crescimento, é um ícone que pode ser pouco reconhecido pelos utilizadores, forçando a memorização do seu significado.	Adicionar labels pode facilitar o entendimento da iconografia nos cartões que representam as plantas na página de coleção. Um label também poderia ser utilizado no menu da realidade aumentada.

Flexibilidade e eficiência de utilização	Problemas Encontrados	Recomendação	Design estético e minimalista
0	Não foi possível verificar esta situação.		0
0			0

Anexo G - Estatística Pordata

PORDATA

FUNDAÇÃO
FRANCISCO MANUEL DE SANTOS

Museus, jardins zoológicos, botânicos e aquários: número e visitantes

Quanto são os espaços de exibição de obras culturais, plantas ou animais e quantos visitantes têm?

Anos	Equipamentos culturais			Indivíduo - Milhares		
	Museus, jardins zoológicos, botânicos e aquários			Visitantes de museus, jardins zoológicos, botânicos e aquários		
	Total	Museus	Jardins zoológicos, botânicos e aquários	Total	Museus	Jardins zoológicos, botânicos e aquários
1961	99	96	3	1.313	739	574
1962	109	106	3	1.450	816	634
1963	105	102	3	1.919	927	992
1964	118	115	3	1.880	1.131	749
1965	123	120	3	1.984	1.235	749
1966	118	115	3	2.302	1.495	807
1967	121	118	3	2.366	1.484	882
1968	123	120	3	2.438	1.571	867
1969	119	116	3	2.489	1.699	790
1970	122	122	x	2.750	2.750	x
1971	124	124	x	2.686	2.686	x
1972	121	121	x	2.722	2.722	x
1973	121	121	x	2.790	2.790	x
1974	114	114	x	2.546	2.546	x
1975	121	121	x	2.077	2.077	x
1976	123	123	x	2.150	2.150	x
1977	123	123	x	2.438	2.438	x
1978	125	125	x	2.605	2.605	x
1979	121	117	4	2.908	1.911	997
1980	123	120	3	2.989	2.091	898
1981	121	117	4	2.980	2.008	972
1982	122	118	4	2.790	1.755	1.035
1983	125	121	4	3.047	2.382	665
1984	139	136	3	3.800	3.056	744
1985	± 229	± 224	± 5	± 5.178	± 4.616	± 562
1986	228	223	5	5.675	4.991	683
1987	231	226	5	5.613	4.900	712
1988	229	224	5	6.859	6.142	717
1989	255	250	5	6.283	5.491	792
1990	330	324	6	6.317	5.348	969
1991	320	314	6	6.578	5.515	1.063
1992	330	323	7	6.596	5.652	944
1993	328	321	7	7.202	6.147	1.055
1994	287	282	5	8.292	6.814	1.478
1995	303	297	6	8.667	7.040	1.626
1996	309	303	6	8.395	7.265	1.130
1997	323	318	5	8.286	7.234	1.052
1998	321	316	5	8.645	7.744	902
1999	x	x	x	x	x	x
2000	± 201	± 198	± 3	± 7.368	± 5.760	± 1.608
2001	234	226	8	8.556	6.158	2.398
2002	246	235	11	9.163	6.475	2.688
2003	260	248	12	8.922	6.684	2.238
2004	258	247	11	8.980	6.559	2.421
2005	285	269	16	9.725	7.108	2.617

Museus, jardins zoológicos, botânicos e aquários: número e visitantes

Quantos são os espaços de exibição de obras culturais, plantas ou animais e quantos visitantes têm?

Anos	Equipamentos culturais			Indivíduo - Milhares		
	Museus, jardins zoológicos, botânicos e aquários			Visitantes de museus, jardins zoológicos, botânicos e aquários		
	Total	Museus	Jardins zoológicos, botânicos e aquários	Total	Museus	Jardins zoológicos, botânicos e aquários
2006	291	276	15	10.315	7.757	2.559
2007	± 292	± 275	± 17	± 9.971	± 6.876	± 3.095
2008	321	300	21	11.648	8.382	3.266
2009	363	343	20	12.932	9.544	3.387
2010	360	340	20	13.840	10.363	3.477
2011	397	377	20	13.495	10.177	3.318
2012	± 374	± 345	± 29	± 13.450	± 10.067	± 3.383
2013	387	353	34	14.348	11.063	3.286
2014	427	392	35	15.260	11.750	3.510
2015	424	388	36	17.628	13.661	3.968
2016	442	405	37	19.776	15.532	4.244
2017	467	430	37	21.781	17.175	4.606
2018	468	431	37	24.133	19.494	4.639
2019	472	436	36	24.425	19.778	4.647
2020	x	x	33	x	x	1.869

Museus, jardins zoológicos, botânicos e aquários: número e visitantes
Fontes de Dados: INE - Inquérito aos Museus | Inquérito aos Jardins Zoológicos, Botânicos e Aquários
Fonte: PORDATA
Última actualização: 2021-05-31

Simbologia

- ± Quebra de série
- ... Confidencial
- // Não aplicável
- Ausência de valor
- Pre Valor preliminar
- § Dado com coeficiente de variação elevado
- Pro Valor provisório
- x Valor não disponível
- f Valor previsto
- Rv Valor revisto
- e Dado inferior a metade do módulo da unidade utilizada
- (R) Dados rectificadados pela entidade responsável

Anexo H – Consentimento de Gravação

TESTE DE OBSERVAÇÃO E ENTREVISTA NO ÂMBITO DE INVESTIGAÇÃO DE MESTRADO

Mestrado em Multimédia | Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

O meu nome é David Soares, sou aluno do Mestrado em Multimédia da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, sob a orientação do Professor Pedro Cardoso da Universidade de Aveiro, e coorientação do António Coelho da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. A investigação intitula-se *Comunicar ciência através do lúdico e da criatividade com recurso à realidade aumentada*.

Nesta atividade será realizado um teste de observação da aplicação Flo[RA] realizada em co-autoria do meu colega Diogo Teixeira do Mestrado Integrado em Engenharia Informática e Computação e que será acompanhado por mim. Serão efetuadas perguntas e a entrevista será gravada para efeitos de transcrição e tratamento dos dados para a investigação, com o consentimento informado do entrevistado.

O tratamento dos dados obtidos garante o anonimato dos participantes, nunca sendo feito qualquer tipo de uso que possa revelar as suas identidades. As gravações serão guardadas no âmbito do estudo e serão destruídas após o seu tratamento e conclusão do mestrado do estudante, no período máximo de dois anos.

CONSENTIMENTO INFORMADO PARA PARTICIPAÇÃO

Eu, _____
declaro que aceito participar neste estudo e autorizo a gravação da entrevista para efeitos de transcrição e tratamento dos dados para a investigação de mestrado.

(Local, Data, Assinatura)