

Faculdade de Ciências e Tecnologia
Departamento de Engenharia Informática

INTERAÇÃO EM REALIDADE VIRTUAL ATRAVÉS DE TANGÍVEIS PASSIVOS

Jorge Miguel Ribeiro Ferreira

Dissertação no âmbito do Mestrado em Design e Multimédia,
orientada pelo Professor Doutor Jorge Carlos dos Santos Cardoso, e apresentada à
Faculdade de Ciências e Tecnologia / Departamento de Engenharia Informática.

Junho de 2020

1 2  9 0

UNIVERSIDADE D
COIMBRA

JORGE MIGUEL RIBEIRO FERREIRA
junho 2020

MESTRADO EM DESIGN E MULTIMÉDIA
Faculdade de Ciências e Tecnologia
Universidade de Coimbra

ORIENTAÇÃO
Jorge Carlos dos Santos Cardoso
Pedro Filipe Martins
Mauro Costa Couceiro

JÚRI
Tiago José dos Santos Martins da Cruz
Licínio Gomes Roque

Resumo

A interação em Realidade Virtual (RV) é frequentemente atingida através de controladores genéricos. No entanto, considerar novas formas de input pode ser vantajoso, por exemplo, para situações em que os controladores genéricos não estão disponíveis ou não podem ser usados, em situações em que os controladores genéricos não são os mais adequados às tarefas de interação, ou simplesmente para fornecer uma experiência de uso diferente.

Neste projeto é explorado a utilização de objetos tangíveis para interação em ambientes de RV, fazendo um rastreamento dos elementos tangíveis através de marcadores visuais, usados tipicamente em Realidade Aumentada (RA). A prototipagem na realização deste projeto tem como finalidade criar diferentes experiências e formas de interação em ambientes virtuais, de forma a explorar e caracterizar um espaço de design em que tangíveis passivos possam beneficiar a interação com um sistema. A prototipagem e exploração de ideias no processo de design, permitiu identificar diversas características de exemplos, e assim alimentar o espaço de design da utilização de tangíveis num ambiente virtual. Com base no espaço de design caracterizado, foi desenvolvido um livro virtual, que permite ao utilizador interagir com o sistema através de diversas formas de interação tangíveis, e assim controlar os conteúdos multimédia apresentados no ambiente virtual, através de uma experiência háptica realista para o utilizador.

Palavras-Chave

realidade virtual, interação humano-computador, interfaces tangíveis, design de interfaces, ambientes virtuais, multimédia, livro virtual.

Abstract

Virtual Reality (VR) interaction is often achieved through standard controllers. However, considering new forms of input, may be advantageous, for example, in situations where standard controllers are not available or cannot be used, in situations where standard controllers are not best suited for interaction tasks, or simply to provide a different user experiences.

In this project, is explored the use of tangible objects for interaction in VR environments, tracking the tangible objects using visual markers, typically used in Augmented Reality (AR). The prototyping in this project aims to create different experiences and forms of interaction in virtual environments, in order to explore and characterize a design space in which passive tangibles can benefit the interaction with a system. The prototyping and exploration of ideas in the design process, allowed to identify several characteristics in examples, and thus feed the design space with the use of tangibles in a virtual environment. Based on the characterize design space, a virtual book was developed, which allows the user to interact with the system through several tangible forms of interaction, and thus control the multimedia content presented in the virtual environment, through a realistic haptic experience for the user.

Keywords

virtual reality, human-computer interaction, tangible interfaces, interface design, virtual environments, multimedia, virtual book.

Agradecimentos

Agradeço ao meu orientador, o Professor Doutor Jorge Carlos dos Santos Cardoso, pela orientação, disponibilidade e acompanhamento no decorrer desta investigação.

Índice

Capítulo 1	Introdução.....	1
Capítulo 2	Estado da Arte.....	9
2.1	Perspetiva histórica.....	9
2.2	Realidade Aumentada.....	16
2.3	Sistemas de posicionamento.....	17
2.4	Frameworks de desenvolvimento.....	18
2.5	Bibliotecas de visão por computador.....	21
2.6	Exemplos de interação em projetos para RV.....	23
2.7	Tecnologias para interação em RV.....	30
Capítulo 3	Metodologia.....	31
3.1	Plano de trabalho.....	33
3.2	Planeamento temporal.....	34
3.3	Recursos necessários.....	36
Capítulo 4	Prototipagem.....	37
	Protótipo #1 – Formas primitivas tangíveis.....	38
	Protótipo #2 – Livro de geométricas e cores.....	42
	Protótipo #3 – Garrafa sem obstrução.....	44
	Protótipo #4 – Blocos para usar e pisar.....	45
	Protótipo #5 – Modelo de torre com pormenores.....	46
	Protótipo #6 – Cubo multifaces.....	47
	Protótipo #7 – Chave para leitor.....	47
	Protótipo #8 – Torre com porta.....	48
	Protótipo #9 – Cubos com pesos.....	49
	Protótipo #10 – Torre com sino.....	50
	Protótipo #11 – Placa multimédia.....	52
	Protótipo #12 – Controlo deslizante.....	53
	Protótipo #13 – Livro de áudio.....	58
	Protótipo #14 – Virar página com a mão.....	59
	Protótipo #15 – Lentes para mudar ambiente 360º.....	61
	Protótipo #17 – Vídeo dobrável.....	62
	Protótipo #18 – Rastreamento dos dedos.....	63
	Protótipo #19 – Marcadores dinâmicos em suporte digital.....	64
	Protótipo #20 – Interface digital com ecrã tátil.....	65
	Protótipo #21 – Interação com comandos por voz.....	67
	Protótipo #22 – Interação com marcadores no corpo.....	69
	Protótipo #23 – Interação com mecanismo direcional.....	70
	Protótipo #24 – Interação com mecanismo rotativo infinito.....	71
	Conclusões.....	71

Capítulo 5	Espaço de Design	75
5.1	Brainstorming.....	75
5.2	Sessões de ideação apoiadas em protótipos	76
5.3	Diagrama de afinidade	80
5.4	Dimensões do espaço de design	82
Capítulo 6	VR Book	87
6.1	VR Book inicial.....	87
6.2	VR Book Universidade de Coimbra	90
6.3	VR Book Mosteiro de Santa Cruz	94
	Espaço virtual	94
	Mãos do utilizador.....	95
	Capa.....	96
	Conteúdos	97
	Portais.....	101
	Conclusões.....	104
Capítulo 7	Avaliação	105
7.1	Avaliação de usabilidade do VR Book	105
7.2	Avaliação de técnicas de interacção do VR Book.....	112
Capítulo 8	Conclusão	121
Referências	125
Apêndice A	Características de dispositivos HMD de Realidade Virtual.....	129
Apêndice B	Documento de consentimento de dados.....	131
Apêndice C	Guião para a realização da sessão de ideação	133
Apêndice D	Formulário de participante na sessão de ideação	135
Apêndice E	Textos sobre a Universidade de Coimbra	137
Apêndice F	Dados recolhidos nas sessões de ideação	139
Apêndice G	Grupos de ideias criados na sessão de Card Sorting.....	143
Apêndice H	Formulário em português para teste de usabilidade online.....	147
Apêndice I	Formulário em inglês para teste de usabilidade online	151
Apêndice J	Resultados dos Avaliação de usabilidade do VR Book	155
Apêndice K	Guião e formulário para avaliação de técnicas de interacção do VR Book.....	165
Apêndice L	Aplicação para avaliação de técnicas de interacção do VR Book	167
Apêndice M	Resultados da avaliação de técnicas de interacção do VR Book.....	169

Acrónimos

AIO – All-in-one
API – Application Programming Interfaces
CES – Centro de Estudos Sociais
CPU – Central Processing Unit
CRT – Cathode Ray Tube
DOF – Degrees of freedom
FCTUC – Faculdade de Ciências e Tecnologia
GPU – Graphics Processing Unit
HCI – Human-Computer Interaction
HMD – Head-mounted display
HTML – Hypertext Markup Language
IHC – Interação Humano-Computador
PU – Processing Unit
RA – Realidade Aumentada
RM – Realidade Mista
RV – Realidade Virtual
SDK – Software Development Kit
TAC – Tomografia Axial Computorizada
TUI – Tangible User Interfaces

Lista de Figuras

Figura 1.1 – Fatores de caracterização que alimentam o espaço de design do projeto.	3
Figura 2.1 – Utilização do HMD de Ivan Sutherland.....	9
Figura 2.2 – Utilizador a usar um HMD com luvas virtuais.....	10
Figura 2.3 – Data Glove da VPL vestida na mão de um utilizador.....	10
Figura 2.4 – Diagrama e protótipo do “Datasuit” da VPL.	11
Figura 2.5 – Power Glove controller.....	11
Figura 2.6 – Jonathan Waldern a utilizar o seu HMD e controlador em RV.	12
Figura 2.7 – Frederick Brooks a utilizar o seu dispositivo de RV.....	12
Figura 2.8 – Exemplos de aplicações de simulações em RV para a saúde e exército.....	13
Figura 2.9 – Renderização do dispositivo “Oculus Rift” prometido no Kickstarter.....	13
Figura 2.10 – Mark Zukerberg a demonstrar o Oculus Rift.	14
Figura 2.11 – Exemplos de HMD para VR: (a) Oculus Quest, (b) HTC Valve Index, (c) Samsung Gear VR.	15
Figura 2.12 – Desenho da máquina “Sensorama”.	16
Figura 2.13 – Representação dos sistemas de posicionamento com sensores para RV.	17
Figura 2.14 – Desmonstração do projeto “Real Virtuality: A Multi-User Immersive PlatformConnecting Real and Virtual Worlds”.....	24
Figura 2.15 – Demonstração de um sistema com materiais refletores.....	25
Figura 2.16 – Demonstração de um sistema com rastreamento de marcadores visuais.	25
Figura 2.20 – Demonstração de um sistema háptico com implementação de um Vive Tracker..	26
Figura 2.21 – Componentes de um sistema que utiliza um controlador visualmente familiar....	27
Figura 2.22 – Demonstração do funcionamento dos sensores do Leap Motion.....	28
Figura 2.23 – Componentes de um sistema de deteção por luzes infravermelhas.	28
Figura 3.1 – Calendário de trabalho previsto.....	34
Figura 3.2 – Calendário de trabalho realizado.	35
Figura 4.1 – Diversos objetos e padrões utilizados para a prototipagem.....	37
Figura 4.2 – Forma geométrica em cartão com um marcador visual colado numa das faces.	38
Figura 4.3 – Visualização do contacto dos elementos virtuais quando em contacto dos objetos reais.....	38
Figura 4.4 – Perda do rastreamento quando o padrão visual é obstruído.....	39
Figura 4.5 – Formas geométricas distintas para experiência tátil.....	39
Figura 4.6 – Deslocamento e rotação de objeto para colocar na projeção correta.	40
Figura 4.7 – Placas de cartão com marcadores visuais diferentes para pelas individuais.....	41
Figura 4.8 – 32 marcadores visuais para identificação de todas as peças do jogo.	41

Figura 4.9 – Visualização da peça “Rei” utilizando um modelo 3D com textura vermelha.	42
Figura 4.10 – Páginas de cartão com marcadores visuais aplicados no centro, com rotação das páginas para revelar os conteúdos multimédia.	43
Figura 4.11 – Utilização do mesmo suporte físico para apresentar conteúdos de outro tema.	43
Figura 4.12 – Protótipo de uma "Garrafa" com marcadores visuais externos.	44
Figura 4.13 - Modelação 3D da forma da garrafa.	44
Figura 4.14 - Blocos com marcadores visuais que representam um forma e textura diferente.	45
Figura 4.15 – Identificação dos pés do utilizador para contacto com os blocos.	45
Figura 4.16 – Protótipo real e modelação 3D de uma torre com detalhes.	46
Figura 4.17 – Protótipo de uma “torre com pormenores”	46
Figura 4.18 – Protótipo “Cubo multifaces” que mostra um conteúdo em cada face detetada.	47
Figura 4.19 – Protótipo para associar marcadores conforme o conteúdo digital.	47
Figura 4.20 – Protótipo com uma “porta” para abrir.	48
Figura 4.21 – Modelo 3D da torre com pormenores no interior.	48
Figura 4.22 – Modelos da torre sólida e com <i>wireframes</i>	49
Figura 4.23 – Utilização de 3 protótipos representados por diferentes texturas.	49
Figura 4.24 – Utilização de 3 protótipos construídos com matérias de diferentes pesos.	50
Figura 4.25 – Protótipo de torre fechado.	50
Figura 4.26 – Protótipo de torre aberto.	51
Figura 4.27 – Protótipo que represente o sino “dinâmico”	51
Figura 4.28 – Protótipo da torre aberto para revelar o conteúdo do “interior”	51
Figura 4.29 – Placa multimédia com um marcador de referência para todos os conteúdos.	52
Figura 4.30 – a) Recorte de marcador para padrão, b) possíveis combinações com os blocos.	53
Figura 4.31 – a) Marcador com o padrão e zona variável, b) fita com sequência de combinação de padrões.	53
Figura 4.32 – Dois estados do reconhecimento dos padrões gerados com a aplicação Processing.	54
Figura 4.33 – Rotação de partes de padrão para verificar limites de erro.	54
Figura 4.34 – Construção do mecanismo deslizante para gerar padrão variável.	54
Figura 4.35 – Alteração de elementos em diversos sistemas, utilizando o controlador deslizante par geração de 3 padrões diferentes.	55
Figura 4.36 – Protótipo com deslizador para volume a 60%.	56
Figura 4.37 – Protótipo com deslizador para volume a 100%.	56
Figura 4.38 – Mecanismo deslizante com recurso elástico para retrocesso automático.	56
Figura 4.39 – Possíveis ambientes 360º disponíveis para navegação na aplicação.	57
Figura 4.40 – Mecanismo deslizante quando o utilizador larga o objeto.	57
Figura 4.41 – Mecanismo deslizante com movimento aplicado para a direita.	57

Figura 4.42 – Imagens para as páginas da história “A Cigarra e a Formiga”	58
Figura 4.43 – Rotação das páginas do protótipo para mudar os conteúdos multimédia.....	58
Figura 4.44 – Utilizador tem a mão fora dos marcadores.....	59
Figura 4.45 – Utilizador tapa um dos marcadores com os dedos.....	59
Figura 4.46 – Utilizador tem a mão do lado esquerdo sem tapar os marcadores.	60
Figura 4.47 – Utilizador move a mão para a direita tapando o terceiro marcador.	60
Figura 4.48 – Utilização de marcadores para alterar ambiente do espaço 360º.....	61
Figura 4.49 – Utilizador pega no objeto com um marcador visual.	61
Figura 4.50 – Utilizador aproxima o objeto com um marcador visual do ponto de visão.....	61
Figura 4.51 – Transformação do vídeo em 2 partes separadas.	62
Figura 4.52 – Visualização de um vídeo em duas páginas.....	62
Figura 4.53 – Movimento da mão com marcadores visuais nos dedos.	63
Figura 4.54 – Movimento dos dedos com múltiplos marcadores aplicados.....	63
Figura 4.55 – Algumas imagens da sequência dinâmica dos marcadores num suporte digital. .	64
Figura 4.56 – Tela digital com 4 marcadores em fila.....	64
Figura 4.57 – Tela digital com um marcador maior em rotação.....	64
Figura 4.58 – Marcador visual impresso para rastreamento da posição do conteúdo digital.....	65
Figura 4.59 – Opções de interação com a aplicação no dispositivo digital.	65
Figura 4.60 – Interação com a aplicação digital para incrementar ou decrementar valores.....	66
Figura 4.61 – Resultados da interação ao deslizar a mão na aplicação no dispositivo digital	66
Figura 4.62 – Movimento da mão para interação com o ecrã tátil do dispositivo digital.	66
Figura 4.63 – Imagens de 5 polos da Universidade de Coimbra.	67
Figura 4.64 – Imagens 360º de 5 polos da Universidade de Coimbra.....	67
Figura 4.65 – Estados da aplicação de reconhecimento de voz.	67
Figura 4.66 – Aplicação de controlo por voz em espera.	68
Figura 4.67 – Aplicação de controlo por voz com o comando “next”.	68
Figura 4.68 – Aplicação de controlo por voz com o comando “enter”.	68
Figura 4.69 – Aumentar a intensidade de iluminação do espaço virtual com o movimento do pulso.	69
Figura 4.70 – Diminuir a intensidade de iluminação do espaço virtual com o movimento do pulso.	69
Figura 4.71 – Movimento rotativo do objeto para incrementar.	70
Figura 4.72 – Movimento rotativo do objeto para decrementar.	70
Figura 4.73 – Forma geométrica no livro virtual apresentada com uma rotação de 0º.....	71
Figura 4.74 – Forma geométrica no livro virtual alterada para uma rotação de 60º.....	71
Figura 5.1 – Esboço do movimento e diagrama de um conceito para o projeto.....	76

Figura 5.2 – Ambientes virtuais dos 3 protótipos utilizados nas sessões de ideação.	77
Figura 5.3 – Participante na sessão de ideação a usar um protótipo com o <i>headset</i> RV.	78
Figura 5.4 – Percentagem de intervalos de idade dos participantes nas sessões de ideação.	79
Figura 5.5 – Percentagem da experiência em RV dos participantes nas sessões de ideação.	79
Figura 5.6 – Mesa com os cartões das ideias geradas nas sessões de ideação e <i>brainstorming</i>	81
Figura 5.7 – Cartões de um grupo de ideias do diagrama de afinidade.	81
Figura 6.1 – Placas de cartolina furadas e com marcadores aplicados e argola metálica.	87
Figura 6.2 – Protótipo do livro virtual construído com os marcadores aplicados.	88
Figura 6.3 - Livro virtual com título e renderização 2D do Mosteiro de Santa Cruz.	89
Figura 6.4 – Livro virtual com reprodução de vídeo e respetivo áudio sobre Santa Cruz.	89
Figura 6.5 – Livro virtual com ligação para ambiente 360º sobre a Capela de Santa Cruz.	89
Figura 6.6 – Visualização de imagem 360º da capela de Santa Cruz com <i>headset</i>	90
Figura 6.7 – Livro virtual com modelos 3D sobre o Mosteiro Santa Cruz.	90
Figura 6.8 – Imagens aplicadas a cada página do livro virtual com conteúdos da Universidade de Coimbra.	90
Figura 6.9 – Página do livro com conteúdos dinâmicos e animados.	91
Figura 6.10 – Página do livro com conteúdos de modelos 3D.	91
Figura 6.11 – Página do livro com interação para alteração dos conteúdos.	92
Figura 6.12 – Página do livro com opções para reprodução de conteúdos áudio.	92
Figura 6.13 – Página do livro com conteúdo de vídeo.	93
Figura 6.14 – Página do livro com animado através da interação do utilizador.	93
Figura 6.15 – Espaço genérico no ambiente virtual no VR Book.	94
Figura 6.16 – Objetos com marcadores para representação das mãos aplicados nas mãos do utilizador.	95
Figura 6.17 – Representação das mãos do utilizador no ambiente virtual do VR Book.	95
Figura 6.18 – Capa do objeto tangível do VR book.	96
Figura 6.19 – Capa do VR book no ambiente virtual.	96
Figura 6.20 – Capa do VR book no ambiente virtual a ser manipulada pelo utilizador.	97
Figura 6.21 – Página dos conteúdos 3D e vídeos do VR book.	97
Figura 6.22 – Página dos conteúdos do VR book no ambiente virtual a ser manipulada pelo utilizador.	97
Figura 6.23 – Marcadores para interação com o movimento da mão do utilizador.	98
Figura 6.24 – Utilizador posiciona a mão do lado esquerdo para interação.	98
Figura 6.25 – Utilizador move a mão para o lado direito para realizar interação.	98
Figura 6.26 – Diferentes páginas da secção de conteúdos do VR book.	99
Figura 6.27 – Frame de vídeo a ser reproduzido no ambiente virtual.	99
Figura 6.28 – Vídeo a ser reproduzido no espaço do ambiente virtual.	100

Figura 6.29 – Diferentes modelos 3D da secção de conteúdos do VR book.....	100
Figura 6.30 – Modelo 3D dos conteúdos apresentados no espaço do ambiente virtual.....	100
Figura 6.31 – Secção de portais do objeto tangível do VR book	101
Figura 6.32 – Páginas que identificam o ambiente do portal selecionado no VR book.....	101
Figura 6.33 – Mecanismo de deslize para interação com o VR book	101
Figura 6.34 – Mecanismo deslizante para gerar padrão no VR book em estado normal.....	102
Figura 6.35 – Mecanismo deslizante para gerar padrão no VR book puxado pelo utilizador ...	102
Figura 6.36 – Diferentes páginas da secção de portais do VR book.....	102
Figura 6.37 – Objeto móvel com marcador para interação de portal.....	103
Figura 6.38 – Íman aplicado no interior do VR book suporte do objeto móvel.....	103
Figura 6.39 – Utilizador aproxima o objeto do HMD para abrir novo ambiente 360º.....	103
Figura 6.40 – Ambiente 360º do VR book Mosteiro de Santa Cruz.....	104
Figura 7.1 – Alguns exemplos de publicações nas redes sociais para divulgação da participação no projeto.	106
Figura 7.2 – Secções do formulário completo para o teste de usabilidade remoto.....	106
Figura 7.3 – Ficheiros de imagens GIF como demonstração de exemplos em RV com o protótipo.	107
Figura 7.4 – Vídeo de demonstração da manipulação do objeto físico e resultado no ambiente virtual.	108
Figura 7.5 – Profissão dos participantes no teste de usabilidade.	109
Figura 7.6 – Intervalos de idade dos participantes no teste de usabilidade.	109
Figura 7.7 – Nota geral atribuída pelos participantes no teste de usabilidade.....	110
Figura 7.8 – Aplicação online para registo de participações.....	112
Figura 7.9 – Demonstração de um método de interação.	112
Figura 7.10 – Métodos de interação para demonstração de mudar o conteúdo de um livro virtual.	113
Figura 7.11 – Intervalos de idade dos participantes no teste de avaliação.....	114
Figura 7.12 – Quantidade da preferência dos métodos de interação.....	115
Figura 7.13 – Pontuação total atribuído à ordem dos métodos de interação avaliados.....	116
Figura 7.14 – Percentagem da preferência do método de interação por género dos participantes.	117
Figura 7.15 – Percentagem da preferência do método de interação por idades dos participantes.	118

Lista de Tabelas

Tabela I – Comparação de <i>Frameworks</i> de desenvolvimento	21
Tabela II – Características das bibliotecas de visão por computador	23
Tabela III – Tecnologias usadas nos exemplos de RV	29
Tabela IV - Mapeamento das dimensões do espaço de design para projetos de realidade virtual utilizando tangíveis passivos.	83
Tabela V – Problemas identificados na avaliação de usabilidade do VR Book.....	111
Tabela VI – Valores da preferência dos métodos de interação.	114
Tabela VII – Sistema de pontuação para avaliação de preferência de métodos de interação. ...	115
Tabela VIII – Pontuação relativa à ordem de cada métodos de interação avaliados.....	116
Tabela IX – Quantidade e percentagem por género do método preferido dos participantes. ...	117

Capítulo 1

Introdução

A Realidade Virtual (RV) tem a capacidade de colocar as pessoas em espaços gerados completamente de forma digital, onde o utilizador pode ter uma experiência de imersão como se estivesse presente num mundo alternativo. Nesse mundo virtual o utilizador pode, através de dispositivos de interação, controlar os movimentos e afetar o espaço virtual manipulando objetos reais.

Apesar da investigação relacionada com RV ter sido iniciada nos anos 60 do séc. XX, a tecnologia acabou por ser abandonada devido aos elevados custos e baixa qualidade de experiência para o utilizador. No início da segunda década do séc. XXI, quando a tecnologia atingiu qualidade suficiente, e a custos acessíveis ao público em geral, houve um ressurgimento do interesse nesta área, nomeadamente através de um projeto do Kickstarter¹ chamado “Oculus Rift”.

O sucesso da tecnologia de RV depende da capacidade dos métodos de *input* para comunicar com as aplicações, de forma a proporcionar uma interação pelos utilizadores. Segundo Schnipper, na tecnologia atual podemos enumerar três fatores importantes que contribuem para o realismo e imersividade em RV: o ecrã que mostra os conteúdos visuais tridimensionais; as colunas de som que comunicam o áudio resultante do mundo virtual; a expressividade dos mecanismos de *input* estabelecida entre os movimentos reais e o resultado no mundo virtual, de forma eficiente, para proporcionar um nível de interatividade elevada para o utilizador.

A parte física (mundo real) tem limitações que não existem no mundo digital (mundo virtual), sendo este fator o principal aspeto da investigação desta dissertação, com o objetivo de explorar interfaces que permitem uma interação tangível através de objetos no mundo. A forma mais comum de interagir com RV é através de controladores genéricos, mas estes controladores foram desenvolvidos utilizando várias formas de *input* para comunicação com o mundo virtual: através de movimentos, posição, rotação, e pressionando botões que podem produzir formas de interação. Acredito que esta forma é limitadora para as potencialidades que a tecnologia nos permite atingir. Pretendo com esta investigação, tirar partido de objetos, de forma relacionar os elementos dos “dois mundos” para criar uma ligação entre o sentimento físico e a visualização digital.

As técnicas e sistemas para reconhecimento utilizados na área de Realidade Aumentada (RA), também têm evoluído a par com o desenvolvimento dos sistemas de RV. Esses sistemas de *tracking* e reconhecimento podem ser uma mais valia para a interação em RV, utilizando-os para identificar elementos tangíveis. Assim abre o leque de possibilidades que posso explorar para resolver o problema de identificação de objetos tangíveis, para escolher o método mais eficaz que permite fazer um reconhecimento e manter a posição dos mesmos ao longo do tempo de interação.

¹ Kickstarter - Oculus Rift: Step into the Game <https://www.kickstarter.com/projects/1523379957/oculus-rift-step-into-the-game>

Desta forma, o foco desta investigação é explorar a interação em RV utilizando objetos tangíveis, através de marcadores visuais, como os tipicamente utilizados em RA, como alternativa aos controladores genéricos dos dispositivos que usam esta tecnologia. Verificando o enorme crescimento da tecnologia de RV pelo público geral, pretende-se que esta investigação possa contribuir com formas alternativas de interação com sistemas de RV.

Os resultados do produto desenvolvido nesta investigação, exploram diversas possibilidades de interação com sistemas RV de forma natural para o utilizador, que permitem uma experiência tangível de interação e controlo do sistema, que não é natural com os controlos genéricos deste tipo de sistemas, e desta forma poder substituir esse tipo de controlos em determinadas situações.

Este trabalho explora um paradigma de interação, através da caracterização de um espaço de design. Este espaço de design é influenciado por diversos fatores: estado da arte, tecnologia existente, projetos existentes, experiências próprias, prototipagem, sessões de ideação, testes práticos e entrevistas. Tal como apresentado na Figura 1.1, os diversos fatores de design, fontes de informação e metodologias utilizadas, quem são explorados durante o desenvolvimento deste projeto, afetam o resultado do espaço de design.

Este espaço de design é alimentado por diversas fontes de informação que influenciam o resultado:

- Estado da Arte – Estudo do estado arte relativa à Realidade Virtual, desde o seu desenvolvimento inicial nos anos 60, até ao estado atual e tecnologias existentes;
- Tecnologias existentes – O desenvolvimento de ideias e prototipagem será concebido com base nas tecnologias existentes utilizadas para experiências de RV;
- Projetos existentes – A investigação de projetos existentes baseados e direcionados para RV, terá influência nas ideias e mecanismos possíveis para a prototipagem;
- Experiências próprias – A minha própria experiência com a utilização de sistemas de interação, permite direcionar o foco para o solucionamento ou eficiência de sistemas existentes.
- Prototipagem – A criação de protótipos é um suporte essencial para que eu e os utilizadores das sessões, poderem experienciar os sistemas para dar um feedback preciso dos mesmos.
- Sessões de ideação – As sessões de ideação são um momento em que os utilizadores poderão experimentar os sistemas/protótipos e darem feedback sobre os mesmos, mas também ideias que considerem melhorar os sistemas apresentados.
- Entrevistas – Os utilizadores que participam nas sessões de ideação e testes dos sistemas, terão uma entrevista no final dos mesmos, com objetivo de adquirir informação sobre a sua experiência na área de RV, por esta influenciar a eficiência na utilização dos sistemas/protótipos.
- Testes práticos – Estes testes visam a serem feitas experiências práticas específicas aos sistemas ou componentes dos protótipos, com objetivo de determinar o estado do seu funcionamento, problemas ou formas de melhoramento.

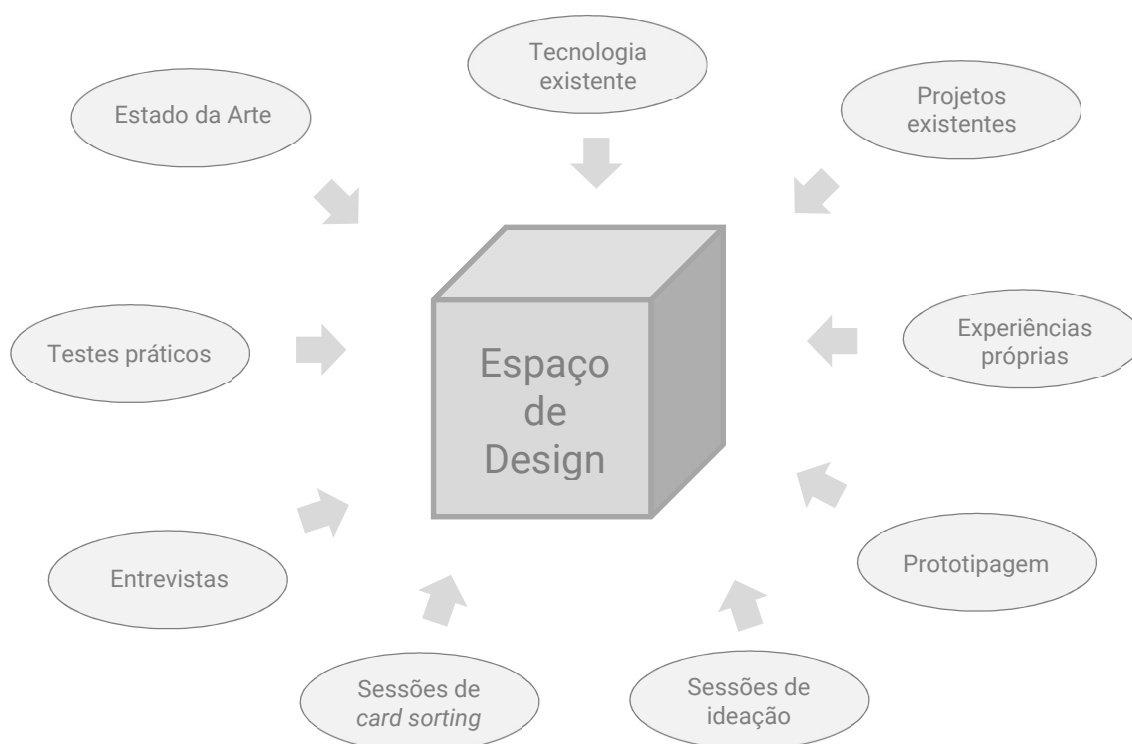


Figura 1.1 – Fatores de caracterização que alimentam o espaço de design do projeto.

A caracterização do espaço de design permitiu o mapeamento de diversas características e possibilidades para projetos de realidade virtual utilizando tangíveis passivos. O estudo e análise de possíveis opções, permitiu o desenvolvimento de um objeto com métodos de interação específicos para a o ambiente no qual está inserido, permitindo ao utilizador uma interação natural e reconhecível.

Os resultados desta investigação contribuem para a área de estudo de HCI (*Human-Computer Interfaces*) e TUI (*Tangible User Interfaces*) através de novas formas de interação com sistemas de RV, como uma forma inovadora aos métodos utilizados tradicionalmente. Como os ambientes de RV permitem executar aplicações muito ricas em multimédia, existe um enorme potencial de utilizar diversos conteúdos multimédia para acesso, visualização e exploração de informação através deste meio.

Este tipo de sistema tridimensional, permite que conjugar a visualização, interação e informação, permitindo ao utilizador ter uma liberdade tangível na manipulação da informação visual para explorar os conteúdos multimédia, da forma que melhor permitam ver a informação, mas também a interação com os conteúdos para ter um controlo sobre a aplicação que está a usar.

Este trabalho de dissertação contribui também com o desenvolvimento de um protótipo de um livro tangível - VR book - no âmbito de uma colaboração com o projeto "Reconstituição Digital 3D do Mosteiro de Santa Cruz de Coimbra em 1834"², que estava a ser desenvolvido no Departamento de Arquitetura da Universidade de Coimbra. Sobre o qual a equipa criou alguns conteúdos 3D dos modelos do mosteiro, com a co-orientação de Mauro Costa

² Página web do "Projeto Santa Cruz" <https://santacruz.ces.uc.pt/>

Couceiro, investigador co-principal e Pós-Doc do Centro de Estudos Sociais da Universidade de Coimbra, foram cedidos alguns conteúdos para implementação neste projeto. Os conteúdos cedidos permitiram a demonstração de modelos 3D, ambientes 360º e imagens ilustrativas, de forma a dar uma melhor experiência de utilizador e informação visual na utilização do produto.

Utilizando este livro virtual (VR Book), o utilizador tem a capacidade de manipular fisicamente o controlador, o objeto físico que é a forma de input com o sistema. Para além da manipulação física no espaço do objeto, que através dos marcadores visuais, permite a visualização das opções e estado do sistema, este também permite 3 formas de interação desenvolvidas especificamente para interação com o sistema. Através do movimento físico da mão do utilizador na horizontal, para a direita ou para a esquerda sobre o objeto, permite que o sistema entenda se deve avançar ou recuar no conteúdo escolhido, e assim permitir ao utilizador navegar por todos os conteúdos possíveis apresentados no livro. Para alteração das opções que permitem a alteração do espaço 360º, o utilizador realiza o movimento de um mecanismo deslizante horizontal, que em cada movimento altera para a opção seguinte. Esta escolha permite ao utilizador utilizar o terceiro método de interação para alterar o espaço 360º, o mover fisicamente um objeto amovível que é despegado do objeto, e aproximado do campo de visão do utilizador, em que é esta aproximação que permite ao sistema efetuar a alteração do ambiente 360º escolhido.

Técnicas e estratégias

Prototipagem

Para o desenvolvimento deste produto, foi crucial um constante desenvolvimento da prototipagem para esta investigação, permitindo assim explorar as potencialidades da tecnologia e melhorar a qualidade dos produtos, tanto na visualização como na interação com os mesmos. Esta prototipagem foi sendo produzida intercaladamente com as sessões de *design thinking* que permitiam que utilizadores externos ao projeto pudessem experimentar os protótipos para dar feedback sobre a sua utilidade e qualidade, permitindo fomentar novas ideias e perspetivas de casos de uso.

Sessões de ideação

Estas sessões de ideação permitiram identificar se tipos de conteúdos e interações não iriam funcionar com diversos protótipos, mas também gerar uma conversa sobre o que poderia ser feito com os diversos protótipos, como os utilizadores poderiam interagir com o sistema, e os elementos que consideravam mais interessantes serem aplicadas em diversos temas. Com estas informações obtidas nas sessões, permitiu que as ideias continuassem a ser aplicadas para o re-desenhamento dos protótipos atuais, mas também para novas ideias de protótipos, permitindo a evolução da prototipagem do projeto para a criação de um bom produto final.

Entrevistas

Com as sessões de ideação realizadas, permitiu um diálogo com cada um dos utilizadores para conhecer a sua opinião sobre as ideias e potencialidades que considerava que os vários protótipos apresentados poderiam beneficiar a interação em sistemas de RV, e que tipos de conteúdos multimédia poderiam ser apresentados. Este diálogo permitiu obter ideias de

perspetivas de diversas áreas profissionais, contribuindo assim para o contínuo desenvolvimento do projeto e exploração do espaço de design possível para aplicações de RV através de tangíveis passivos.

Sessões de *card sorting*

Após as sessões de ideação em que os utilizadores puderam experimentar os protótipos, e contribuir com as suas ideias, foi recolhida uma variedade de opiniões com perspetivas, conteúdos e formas de interação diferentes. Cada uma destas ideias foi impressa num cartão de papel para que sobre uma mesa, as ideias pudessem ser agrupadas com temas específicos que os relacionam. Esta sessão de *card sorting* foi importante para ver como diversas ideias estavam relacionadas, e como podia relacionar um conteúdo multimédia com um tipo de interação.

Testes de usabilidade

A realização dos testes de usabilidade com utilizadores ao longo do desenvolvimento do projeto, para avaliações nas diversas etapas do protótipo, e utilizar os dados recolhidos para verificar a qualidade do produto, identificar problemas e implementar novas funcionalidades, para que o produto final possa resultar eficientemente e satisfazer o consumidor final.

Estrutura do documento

Este documento está dividido em 5 capítulos de forma a planear os conteúdos da investigação e os resultados consequentes da mesma:

Capítulo 1 – Introdução

Este é o capítulo de introdução, onde explico as motivações que me levaram ao interesse pela investigação do tema desta dissertação, e o contributo que espero dar para áreas de estudo relativos ao tema.

Capítulo 2 – Estado da Arte

Neste capítulo apresento os resultados de uma pesquisa intensiva sobre a história da Realidade Virtual, desde as suas origens e os primeiros protótipos desenvolvidos, até aos dispositivos atuais. Abordando o hardware e software existente, de modo a obter informação para a escolha da tecnologia a utilizar para esta investigação.

Capítulo 3 – Metodologia

Neste capítulo é descrito todos os métodos utilizados para o desenvolvimento deste projeto. Através do estudo teórico do tema, o projeto de investigação existentes relacionados com Realidade Virtual e sistemas de interação, sessões de entrevistas com utilizadores dos sistemas, desenvolvimento de protótipos, e planeamento temporal para execução de todas as tarefas necessárias deste projeto.

Apresentado o plano de trabalho a desenvolver ao longo do tempo, com as tarefas específicas associadas e necessárias ao desenvolvimento do mesmo. Através de um diagrama de Gantt, divido as diversas tarefas de pesquisa e desenvolvimento do projeto, de modo a planear o tempo de execução de cada uma, com a previsão de quanto deverá estar terminada.

Existem dois diagramas de tempo, o primeiro que foi criado antecipadamente com a previsão do tempo para cada tarefa, realizado no primeiro semestre da duração do projeto. E o segundo diagrama, que mostra o tempo que cada tarefa realmente durou ou quando foi terminada. Com a diferença entre estes dois diagramas, podemos verificar se ocorreram desvios do planeamento inicial.

Capítulo 4 – Prototipagem

A fase de prototipagem permite a evolução do conhecimento da tecnologia e qualidade dos elementos criados para a investigação. Sendo uma área de tecnologia emergente, apresento o desenvolvimento necessário da criação do protótipo mais básico, até um protótipo mais complexo que permite a interação com o sistema. Esta prototipagem permite explorar as potencialidades da tecnologia, mas também as limitações e problemas e dificuldades encontradas que poderão prejudicar o uso eficiente do sistema.

Capítulo 5 – Espaço de Design

Neste capítulo é apresentado o resultado da caracterização do espaço de design baseado nas várias perspetivas da investigação. O preenchimento da tabela representativa do espaço de design é constituído por diversos exemplos de ideias e protótipos explorados, que são caracterizadas por diversas dimensões que podem utilizar.

A identificação das dimensões neste espaço de design, permite visualizar as diversas características aplicadas às ideias, e assim abrir horizontes na conjugação de possíveis interligações e combinações para gerar novas ideias. Estas dimensões são divididas da seguinte forma:

- Característica física relevante: Tamanho, Peso, Textura, Temperatura, Cheiro.
- Função principal do objeto tangível: Display (*Output*), Controlador (*Input*), *Proxy*.
- Modalidade de output: 3D, Vídeo, Áudio.
- Mobilidade do objeto: Móvel, Inamovível.
- Tipo de objeto: Estático, Dinâmico, Passivo, Ativo, Não reconfigurável, Reconfigurável.
- Interpretação: Associativo, Construtivo, Relacional, Espacial.
- Métodos de acoplamento: Ferramentas, *Tokens*, Contentores.

Capítulo 6 – VR Book

Neste capítulo é apresentado o processo de desenvolvimento de um livro virtual “VR Book”, através das ideias exploradas nos protótipos no Capítulo 4, na exploração da caracterização do espaço design através das possíveis dimensões, como apresentado no Capítulo 5, e os resultados dos testes de usabilidade e avaliações do Capítulo 7. Os resultados do processo de design realizados ao longo da investigação e desenvolvimento deste protótipo,

permitiram a elaboração de um produto baseado no *feedback* dos utilizadores, que vão de encontro às expectativas e interesses dos utilizadores.

Capítulo 7 – Avaliação

O processo de avaliação apresentado neste capítulo, mostra os métodos de avaliação utilizados e os resultados obtidos diretamente de utilizadores. Através dos testes de usabilidade e testes de avaliação, permitiu obter resultados e opiniões para um melhor desenvolvimento do produto, em que as alterações e novas implementações permitiram construir o protótipo de forma direcionada ao consumidor final.

Capítulo 8 – Conclusões

Para concluir, neste capítulo apresento uma reflexão dos dados obtidos com a minha investigação, as limitações que os métodos estudados podem ter com a tecnologia existente, mas também as perspetivas para o futuro com a contribuição das minhas propostas e as suas implicações na área de interação em ambientes de Realidade Virtual.

Capítulo 2

Estado da Arte

2.1 Perspetiva histórica

A promessa da tecnologia de Realidade Virtual (RV) está em desenvolvimento desde o final dos anos 60 do séc. XX. O pioneiro na investigação desta área foi Ivan Edward Sutherland (William L. Hosch, n.d.), um cientista Norte Americano, professor do Massachusetts Institute of Technology, que é considerado o “pai dos gráficos de computador”, por ter inventado várias das fundações dos gráficos de computador como hoje conhecemos.

Em 1968 com a ajuda de um aluno seu, Sutherland criou o primeiro dispositivo para aumentar a realidade, chamado de “A Espada de Dâmocles” (Figura 2.1). Este dispositivo é considerado um dos primeiros HMD (*Head-Mounted Display*), foi construído sobre uma estrutura pré-existente, que consistia em dois monitores CRT montados em unidades cilíndricas com espelhos que permitiam ao utilizador ver a sobreposição de imagens no mundo à sua volta. O maior desenvolvimento necessário era permitir que o sistema pudesse fazer um rastreamento do posicionamento. Para isso, Sutherland utilizou sensores mecânicos para determinar o posicionamento do HMD, que estava ligado a um sistema através de vários cabos suspensos no teto.



Figura 2.1 – Utilização do HMD de Ivan Sutherland.³

Estando esta nova área tecnológica e digital na sua fase inicial de desenvolvimento, e estes dispositivos necessitariam de uma maior capacidade de processamento pelos computadores, que ainda eram muito básicos na altura e eram apenas utilizados para processamento básico de dados. Não sendo ótimos para processamento de gráficos, criavam uma barreira ao desenvolvimento desta nova tecnologia.

Duas décadas depois, no final dos anos 80, o poder computacional dos CPU e GPU dos computadores eram consideravelmente maiores, e com a capacidade de maiores quantidades de memória e espaço de armazenamento, permitindo novos desenvolvimentos e evoluções na área de RV.

³ Imagens retiradas do vídeo <https://youtu.be/NtwZXGprxag>

Em 1985 um cientista de computadores e artista visual, chamado Jaron Lanier, criou a empresa “VPL Research, Inc.”, uma empresa direcionada para a investigação e criação de sistemas de RV. Jaron Lanier tinha trabalhado até 1985 na Atari, uma das maiores empresas no desenvolvimento de vídeos jogos dos anos 80. Com a sua experiência na área de vídeo jogos, a VPL desenvolveu um novo dispositivo para permitir a interação num mundo virtual, esse dispositivo foi criado em formato de luva, que era vestida pelo utilizador para controlar a interação num mundo virtual, que foi chamada de “Data Glove” (Mihelj, Novak, & Beguš, 2014) (Figura 2.3). A “Data Glove”⁴ era um dispositivo de *input* que utilizava vários sensores para captar os movimentos físicos do utilizador (Figura 2.2), em que os dados gerados pelos sensores colocados na luva eram enviados por fios para o computador.

Este sistema desenvolvido na NASA, pela Divisão de Pesquisa em Fatores Humanos Aeroespaciais da Ames (NASA, 1990), chamado de “Virtual Interface Environment Workstation” (VIEW), permitia uma interação humano-computador para controlo à distância de um ambiente artificial. O “Data Glove” tinha vários cabos de fibra ótica e sensores que detetavam os movimentos dos dedos do utilizador e transmitem as informações para um computador. A imagem da mão do utilizador era gerada virtualmente, reproduzindo os mesmos movimentos que o utilizador fazia na realidade, permitindo que a interação com o sistema pudesse ser feita baseada nos movimentos gestuais do utilizador. Utilizando o *software* apropriado para cada interação, o utilizador poderia mover objetos virtualmente, com a reprodução dos seus atos em objetos reais de forma remota.



Figura 2.2 – Utilizador a usar um HMD com luvas virtuais.⁵



Figura 2.3 – Data Glove da VPL vestida na mão de um utilizador.⁶

Kevin Kelly que trabalhava na VPL, depois de ver o potencial da “Data Glove”, começou a desenvolver outros dispositivos de interface para interação através dos movimentos naturais do corpo do utilizador. Em 1987 desenvolveu um esquema para este protótipo (Figura 2.4 a), que identifica os diversos sensores necessários para as formas de *input* de interação com o

⁴ Também chamada de “Wired Glove” (luva com fios) ou “Cyber Glove” (luva cibernética).

⁵ Imagem retirada da página https://www.nasa.gov/ames/spinoff/new_continent_of_ideas, NASA: *The Virtual Interface Environment Workstation*.

⁶ Imagem retirada do link <http://old.cescg.org/CESCG-2000/OSchoenbrunner/glove.gif>

sistema, que levou ao desenvolvimento do primeiro protótipo do fato completo (Figura 2.4 b) para interação, que foi chamado de “*Datasuit*” (Matthew Schnipper, 2015).

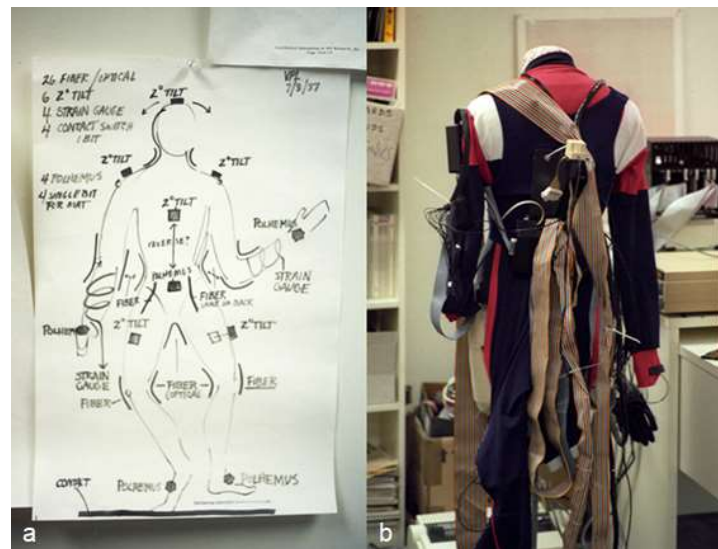


Figura 2.4 – Diagrama e protótipo do “*Datasuit*” da VPL.⁷

Os projetos de VR desenvolvidos na NASA ou em parceria com a NASA, foram relevantes para os futuros desenvolvimentos comerciais nesta área. A empresa Nintendo foi um desses influenciados, que sendo uma empresa na área dos videogames, desenvolveu uma luva como meio de controlar o sistema. A “*Power Glove*” (Nathan Chandler, 2015) (Figura 2.5), era um dispositivo que o utilizador calçava na mão como uma luva, em que permitia que o posicionamento da mão (com o equipamento) indicasse ao sistema o posicionamento de um ponteiro. Embora tivesse incorporado os botões tal como no controlo tradicional, o fator relevante neste dispositivo era apenas o controlo remoto do posicionamento que o utilizador podia orientar com o movimento da mão.



Figura 2.5 – *Power Glove* controller.⁸

O dispositivo acabou por ser descontinuado em 1990, devido ao dispositivo não permitir um controlo adequado dos jogos existentes da época, porque os jogos que estavam no mercado tinham sido desenvolvidos para responder a outro tipo de interfaces, como *joysticks* ou teclados, e, portanto, não estava otimizado para responder da forma correta aos *inputs* dados pela “*Power Glove*”. Teriam que ser desenvolvidos jogos específicos para que tornassem esta luva num dispositivo de controlo mais interessante e funcional.

⁷ Imagens retiradas do artigo https://www.theverge.com/a/virtual-reality/oral_history

⁸ Imagem retirada da página <https://pt.m.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:NES-Power-Glove.jpg>, Evan-Amos.

Nesse período, a quantidade de desenvolvedores e programadores era pequena e não foram capazes de “ressuscitar” a tecnologia de RV. Os consumidores começaram a perder o interesse por esta tecnologia e viraram a sua atenção para uma nova tecnologia que abria grandes horizontes à informação, a “Internet”. A Internet foi a razão que redirecionou a atenção dos consumidores nos anos 90 e mais uma vez a área da RV foi esquecida pelo público em geral.

Na década de 90 dos séc. XX, a tecnologia de RV continuou a evoluir, embora esquecida pelo público. Com o desenvolvimento da tecnologia de computadores, esta poderia ser implementada para o desenvolvimento de melhores HMD’s e sistemas de computação para processamento gráfico, permitindo criar melhores experiências em sistemas de RV.

Jonathan Waldern, um cientista de computação em Inglaterra, criou vários HMD’s que permitira projetar imagens estereoscópicas em dois pequenos ecrãs dentro do HMD (Figura 2.6), com um melhor computador com a capacidade de gerar os gráficos e sons em tempo real, que ofereciam uma verdadeira experiência de RV. A experiência tornava-se mais imersiva quando o utilizador colocava as luvas ligadas ao sistema, para interagir com o que o utilizador via o mundo virtual.



Figura 2.6 – Jonathan Waldern a utilizar o seu HMD e controlador em RV.⁹

Frederick Brooks (Aron et al., 1983), professor na Universidade da Carolina do Norte, investigava a área de RV. Brooks, em vez de utilizar um HMD existente, ele usou projeção frontal das imagens, uma passadeira de *fitness*, e um volante de uma bicicleta, permitindo assim “navegar” no espaço virtual em duas dimensões (Figura 2.7). Estes dispositivos de *input* e *output*, permitiam-lhe indicar o movimento de caminhar para a frente ao andar na passadeira, e utilizar o volante para rodar a direção do olhar. Esta tecnologia permitia-lhe explorar um espaço virtual através dos movimentos físicos com objetos.



Figura 2.7 – Frederick Brooks a utilizar o seu dispositivo de RV.¹⁰

⁹ Imagens retiradas do vídeo <https://youtu.be/rVn3H93Ysag>

¹⁰ Imagens retiradas do vídeo <https://youtu.be/rVn3H93Ysag>

Os valores desta tecnologia eram altos, um sistema de RV custava entre 50 a 200 mil dólares, algo que não era acessível os consumidores comuns. Estes sistemas eram utilizados por grandes empresas, como empresas de arquitetura, para desenvolver edifícios e mostrar os espaços aos clientes, na área da saúde (Figura 2.8 a), podendo ser utilizado por hospitais para visualizar em três dimensões os resultados de uma Tomografia Axial Computorizada (TAC), e pelo exército (Figura 2.8 b), onde era utilizado como simulador ou como forma de controlo à distância de equipamentos.

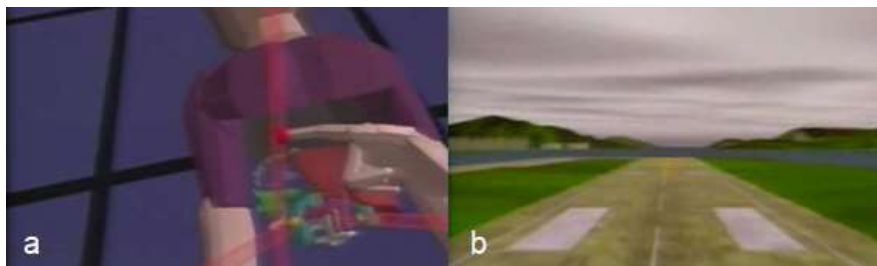


Figura 2.8 – Exemplos de aplicações de simulações em RV para a saúde e exército.¹¹

Em meados da segunda década do séc. XXI, o poder computacional dos computadores e consolas, era milhares de vezes superior ao que existia 50 anos atrás. Uma campanha feita no “Kickstarter”, com o objetivo de financiar o desenvolvimento de um *kit* de RV chamado “Oculus Rift” (Figura 2.9), prometia uma verdadeira imersividade em RV para jogos e simulações através de um HMD. A campanha foi iniciada a 1 de agosto de 2012, com um objetivo de atingir 250 mil dólares US (228 mil Euros), com a promessa do lançamento do produto em 12.12.12 (12 de dezembro de 2012).



Figura 2.9 – Renderização do dispositivo “Oculus Rift” prometido no Kickstarter.¹²

O produto foi um sucesso, não só conseguiram atingir rapidamente o valor desejado, como foi ultrapassado esse valor, e 9522 financiadores prometeram investir 2,437,429 dólares US (2,219,936 euros), e as empresas perceberam que esta seria a nova geração de RV. Os avanços da tecnologia atual de dispositivos e sensores, conjugado com o conhecimento e quantidade de desenvolvedores da área, e o meio de comunicação pela Internet que permite o desenvolvimento e partilha de trabalho em equipas à distância, criou o “ambiente” perfeito para a RV ter sucesso.

¹¹ Imagens retiradas do vídeo <https://youtu.be/rVn3H93Ysag>

¹² Imagens retirada da página <https://www.kickstarter.com/projects/1523379957/oculus-rift-step-into-the-game>

O sucesso dos Oculus Rift foi tão grande, que a empresa Facebook, uma das maiores empresas tecnológicas do mundo, comprou a empresa “Oculus VR, LLC” por 2,3 mil milhões de dólares US (Kiss, 2014), apenas um ano depois do lançamento do produto. Mark Zuckerberg fez uma demonstração pública do dispositivo (Figura 2.10) a todos os colaboradores e investidores da sua empresa, com a finalidade de apresentar os planos de conjugar o sistema de RV com a plataforma social. Hoje, várias empresas tecnológicas, sociais, e de jogos de vídeo, estão cada vez mais a apostar em sistemas de RV aplicados em diversas áreas.



Figura 2.10 – Mark Zuckerberg a demonstrar o Oculus Rift.¹³

Atualmente a RV provou ser um meio de sucesso para o consumo de informação ou entretenimento, e dessa forma várias empresas estão a apostar na criação dos seus próprios dispositivos. Empresas como a Google, Facebook, Sony, Samsung, são algumas das maiores empresas que dominam este mercado, e estão a apostar no desenvolvimento desta tecnologia.

Os diferentes dispositivos são construídos com finalidades diferentes, vários tipos de sensores e formas de interação ou instalação. Cabe ao utilizador escolher o dispositivo apropriado para o contexto onde o pretende utilizar. Divido este género de equipamento em três tipos de HMD:

- Um HMD que é AIO (All-in-one), que funciona autonomamente com o processamento necessário feito no próprio dispositivo;
- Ter que estar ligado a um sistema externo de computação que mostra o resultado no display do HMD;
- Ser apenas um suporte para colocar um dispositivo do tipo *smartphone* que processa toda a computação necessária e exibição do resultado visual no próprio display.

(Nick Pino, 2019a) faz uma compilação dos melhores dispositivos atuais para uma experiência de RV, sobre os quais vou desenvolver as principais características e razões que justificam em que condições são mais apropriados.

O “Oculus Quest” (Figura 2.11 a) da empresa Facebook, é um dispositivo AIO (Oculus, 2019), que faz o processamento no próprio equipamento e não necessita de fios, desta forma estará livre para mover-se num espaço sem ligações físicas. Sendo um AIO, tudo o que necessita vem incluído no produto, não necessitando de equipamentos adicionais para o funcionamento do sistema. O processamento da informação é feito no próprio sistema pelo processador, a visualização é mostrada no próprio painel OLED que mostra uma imagem independente para cada olho, e possui auscultadores para reproduzir o som direcionado aos ouvidos do utilizador.

¹³ Imagem retirada da página <https://time.com/4687791/oculus-rift-touch-virtual-reality-deal-price>, Bloomberg via Getty Images.

O segundo género de dispositivo é da forma do “Vive Index” (Figura 2.11 b) da empresa HTC, não sendo AIO (Nick Pino, 2019b), necessita de estar ligado a um computador para fazer o processamento da informação a enviar para o HMD o conteúdo resultante de vídeo e áudio. Este sistema, necessita da informação de câmaras posicionadas na sala para determinar a posição e movimentos do utilizador, que é recebida em tempo real pelo HMD.

O terceiro género de dispositivo, pode ser construído para um dispositivo móvel específico ou para um tamanho genérico de dispositivos, de forma a poder ser usado por vários modelos e marcas de *smartphones* existentes no mercado. O “Gear VR” da Samsung (Figura 2.11 c), é um HMD (Faulkner, 2018) que permite suportar o *smartphone* da Samsung, o qual fará o processamento e visualização dos conteúdos direcionado para as lentes do HMD. Todo o processamento, som, visualização, câmara, do *smarthone* que o utilizador escolhe para colocar no HMD. Este tipo de HMD tem essencialmente o objetivo de criar um suporte físico para um *smartphone*, que é constituído por um par de lentes para a visualização independente de cada olho, e um suporte confortável colocado na cabeça do utilizador. Cada vez estão a aparecer mais equipamentos deste tipo no mercado, cada vez mais simples e mais baratos, dando a oportunidade de mais utilizadores poderem ter experiências de RV utilizando os seus próprios dispositivos móveis.



Figura 2.11 – Exemplos de HMD para VR: (a) Oculus Quest, (b) HTC Valve Index, (c) Samsung Gear VR.¹⁴

Enquanto o interesse dos consumidores por esta tecnologia emergente continua em crescimento, as grandes empresas procuram formas de utilização com esta tecnologia para atrair clientes. Em particular, as empresas na área de plataformas sociais, têm realizado investigação na área de interação para trazer uma maior imersividade emocional do utilizador com os conteúdos da plataforma.

Outras empresas na área da indústria e serviços, estão a recorrer a tecnologia de RV para treinar os trabalhadores. Esta forma de interação e aprendizagem permite um aumento na quantidade de pessoas que podem estar no processo de formação de trabalhos nas empresas. Mas também no acesso aos conteúdos respetivos a esses treinos, sem que estes necessitem que estar em contacto físico com os equipamentos, espaços ou casos reais, podendo treinar e aprender tarefas específicas para as quais terão que desempenhar.

Seja para entretenimento, comunicação ou formação, a RV está a ser aplicada como estratégia por diferentes empresas, devido a esta tecnologia emergente ser muito versátil e com elevada capacidade de utilização de conteúdos multimédia e interação.

¹⁴ Imagens retiradas dos links <https://media.gamestop.com/i/gamestop/10176627/Oculus-Quest-VR-64GB>, <https://www.geek.com/wp-content/uploads/2019/04/valve-index-625x352.jpg>, <https://images.samsung.com/is/image/samsung/br-gear-vr-sm-r325nznvazto-setblack-75797465>

2.2 Realidade Aumentada

O conceito de RA é dar uma visão no mundo físico e real, sobre o qual são colocados elementos multimídia na mesma perspectiva que o utilizador está a observar, dessa forma, aumentando a realidade.

Tal como a Realidade Virtual, até recentemente, eram altos os custos para desenvolvimento de sistemas de Realidade Aumentada. A criação de um sistema de RA tal como apresentado nos filmes de ficção científica eram de muito difícil de implementação. Mas o mesmo dispositivo móvel que permitiu começar a trazer ambientes de RV para o público em geral, também tem todas as capacidades de trazer aplicações de RA.

A RA foi alcançada pela primeira vez, por Morton Heilig em 1957, que desenvolveu um sistema chamado “Sensorama” (Foundation, 2018). Este é considerado o primeiro sistema RA, que era composto por uma máquina (Figura 2.12), cujo objetivo era dar sensações adicionais de informação para uma experiência imersiva de um utilizador.

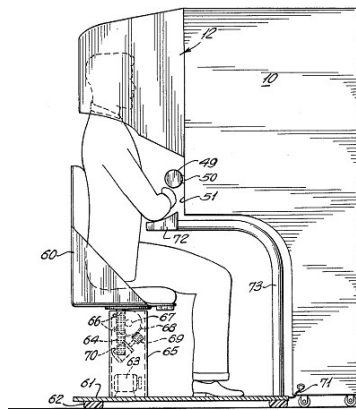


Figura 2.12 – Desenho da máquina “Sensorama”.¹⁵

O primeiro sistema de RA que funcionava corretamente foi provavelmente o desenvolvido no Laboratório de Pesquisa da USAF Armstrong por Louis Rosenberg em 1992. Esse sistema foi chamado de Dispositivos Virtuais e era um sistema robótico incrivelmente complexo, projetado para compensar a falta de poder de processamento de gráficos 3D de alta velocidade no início dos anos 90. Permitiu a sobreposição de informações sensoriais em um espaço de trabalho para melhorar a produtividade humana

Louis Rosenberg em 1992, a trabalhar no USAF Armstrong Labs, desenvolveu um sistema de Realidade Aumentada totalmente imersivo, que foi chamado de “Virtual Fixtures”. Este sistema utilizava um HMD para visualização e dois robôs controlados por um exo-esqueleto que era vestido pelo utilizador. A configuração ótica era alinhada para que na visão do utilizador fossem apresentadas sobreposições virtuais dos braços de um robô que eram gerados em tempo real pelo computador. A conjugação das duas tecnologias, permitia auxiliar o utilizador na realização das tarefas físicas que necessitava de realizar, enquanto ao mesmo tempo tinha uma experiência imersiva.

Com as inovações tecnologias do dia-a-dia, atualmente um dispositivo móvel que permite executar experiências de RV, também tem toda a capacidade de processar experiências de RA. Porque um sistema de RA necessita de três elementos: Visualização, sensores e software, elementos presentes em qualquer dispositivo móvel fabricado nos últimos anos.

¹⁵ Imagem retirada de <https://www.interaction-design.org/literature/article/augmented-reality-the-past-the-present-and-the-future>, *Interaction Design Foundation - AR – The Past, The Present and The Future*

2.3 Sistemas de posicionamento

Existem dois tipos de sistemas de rastreamento (*tracking*) para dispositivos de sistemas de RV (Jih-fang Wang, Ronald T. Azuma, Gary Bishop, Vernon Chi, John Eyles, 1990), “de dentro para fora” (*Inside-out*) e “de fora para dentro” (*Outside-in*). Um sistema “*Inside-out*” utiliza os sensores no próprio HMD para determinar a sua posição, movimentos, e mapear sala, um sistema “*Outside-in*”, necessita de equipamentos adicionais colocados em vários pontos da sala, estes equipamentos possuem sensores, como câmaras, para determinar a posição e movimentos do utilizador em relação a essas posições. Este sistema tradicionalmente necessita de vários sensores em locais da sala para fazer a triangulação dos pontos de referência.

O sistema de rastreamento “*Inside-out*”, é um método utilizado por dispositivos que fazem a própria computação e possuem sensores (como câmaras) que determinam a posição e movimentos do dispositivo, e os controlos que o utilizador segura (ou outros acessórios). Através da visão por computador, as câmaras posicionadas no HMD, apontadas para várias direções, captam as imagens para determinar em tempo real os movimentos efetuados pelo utilizador, a posição com que se move no espaço, e elementos da sala.

O sistema de rastreamento “*Outside-in*” utiliza equipamentos adicionais colocados em locais estacionários na sala onde o utilizador estará a usar o HMD. Chama-se a este método “de fora para dentro” porque são esses sensores estacionários que fazem a triangulação para determinar a posição do HMD no espaço. Estes dispositivos estacionários utilizam câmaras ou outro tipo de sensores, que dependendo da posição onde são colocados, definem o espaço de utilização do sistema, porque o utilizador necessita de estar no campo de deteção do sensor. A deteção do HMD é feita através de marcadores infravermelhos colocados no dispositivo, cujas câmaras têm a capacidade de detetar esse tipo de luz emitida.

A Figura 2.13 representa os métodos de funcionamento para ambos os sistemas de posicionamento, ilustrando onde são colocadas as câmaras.

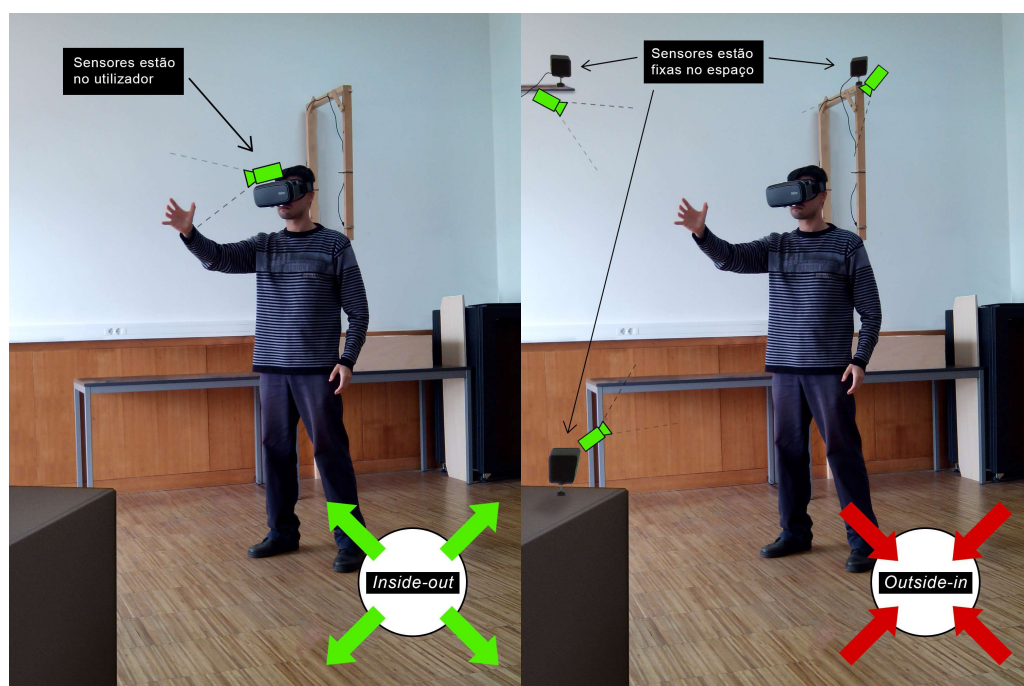


Figura 2.13 – Representação dos sistemas de posicionamento com sensores para RV.

2.4 Frameworks de desenvolvimento

As ferramentas de desenvolvimento de aplicações de Realidade Virtual e Realidade Aumentada, são programas com características específicas que permitem aos programadores criarem as aplicações para essas aplicações. Neste projeto tenho como foco a utilização que o sistema de RV seja utilizado através de dispositivos móveis, que projetam a imagem nos óculos de VR. Irei abordar as características de algumas ferramentas existentes no mercado, a fim de concluir qual a plataforma mais apropriada para a realização dos objetivos deste projeto.

Unity 3D

O Unity¹⁶ é uma aplicação com um motor de jogo com fins específicos de desenvolvimento de conteúdos em 3D, 2D, RV e RA. Esta aplicação tem um custo mensal de 25 a 125 € para uso profissional, mas disponível gratuitamente através de uma licença educacional, com instalação compatível em sistemas operativos Windows e Mac OS. Este programa tem uma vertente mais direcionada para o desenvolvimento de jogos de vídeo.

A principal finalidade do Unity é o desenvolvimento de jogos, seja através de conteúdos 2D ou 3D, permitindo uma grande variedade de jogos. A compatibilidade com outras plataformas de desenvolvimento, torna possível um cruzamento de projetos, reduzindo o esforço necessário para alguém que queira continuar o desenvolvimento de um projeto existente de outra plataforma, sem ter que começar tudo de novo. A exportação dos projetos pode ser feita através de um script que compila o projeto compatível com outras plataformas. A sua interface de desenvolvimento, tem um ambiente muito visual, de forma a ser entendido facilmente mesmo por um utilizador inexperiente com a plataforma.

Apesar do seu motor de jogo e as texturas disponíveis no programa permitirem uma elevada qualidade na experiência do produto final, esta usabilidade requer uma elevada necessidade no poder de processamento do dispositivo do utilizador, que poderá não estar acessível a muitos utilizadores. Até à versão 5.0 do Unity, o motor de jogo permanecia na arquitetura de 32-bit, o que limitava no desenvolvimento de aplicações ou jogos que necessitam de mais memória que aquela que era capaz de suportar.

A licença do Unity Pro para o desenvolvimento, não traz todos os recursos para dispositivos móveis, sendo necessário um investimento adicional de 1500 a 3000 dólares US para a licenças adicionais, tornando um software caro que não será acessível a todos os desenvolvedores.

OpenSpace3D

O OpenSpace3D¹⁷ é uma aplicação gratuita e *open source* para desenvolvimento de espaços para experiências de jogos em RV. Esta plataforma permite uma variedade de controlos e simulações para RV, utilizando dispositivos de reconhecimento de mãos e dispositivos de RV, como o HTC Vive ou Oculus Rift, mas também suporta a criação de aplicações de RA.

¹⁶ Páginas do Unity <https://unity.com>

¹⁷ Página do OpenSpace3D <http://www.openspace3d.com>

Esta plataforma utiliza um editor visual que através da programação permite ver as alterações feitas durante o desenvolvimento da aplicação.

Este software tem compatibilidade com ficheiros de outros *softwares* de desenvolvimento deste tipo conteúdos, como elementos criados 3DSMax, Blender ou SketchUp, podendo importar os respetivos conteúdos para projetos criados com o OS3D.

A-Frame

O A-Frame¹⁸ é uma *framework open source* para WebGL, que é executado no navegador (*browser*) do utilizador. Esta plataforma permite criar experiências de RV e RM (Realidade Mista) através de bibliotecas para reconhecimento de marcadores visuais, como os marcadores utilizados em sistemas de RA. Sendo desenvolvida para a *web*, torna-a compatível com a maioria dos dispositivos capazes de abrir páginas *web* no *browser*, tal como *smartphones*, *tablets*, computadores. Sendo um desenvolvimento programado através de html, qualquer editor de texto poderá ser utilizado para o desenvolvimento de aplicações para este *framework*, não tendo custos adicionais para a ferramenta de desenvolvimento. Estas aplicações podem ser usadas através de *browsers* como Firefox¹⁹, Chrome²⁰ ou Edge²¹, que estes também se encontram gratuitamente para a maioria dos sistemas operativos atuais.

O desenvolvimento em A-Frame é programado através de HTML, o que torna fácil a programação e leitura das propriedades, ou duplicar elementos conforme seja necessário no código. Sendo baseado em HTML e programado em qualquer editor de texto, qualquer desenvolvedor de páginas ou aplicações *web*, terá facilidade de programar em A-Frame. Por todo o código ser declarado em HTML, é possível ser executado em qualquer navegador de internet que suporte este código, e em qualquer tipo de dispositivo capaz de executar um navegador *web*. Desta forma, torna que as aplicações desenvolvidas, sejam compatíveis com a maioria dos dispositivos acessíveis ao público geral.

Existem muitos recursos adicionais, como bibliotecas, que os desenvolvedores nesta *framework* podem usar para: realidade virtual, realidade aumentada, geração de partículas, áudio, vídeo, etc. Novas bibliotecas estão em constante desenvolvimento e atualização, ou criação de novas bibliotecas para novas formas de interação ou visualização, podendo adicionar ou remover funcionalidades a aplicações existentes em A-Frame.

OSVR

O OSVR²², acrónimo de “Open Source Virtual Reality Platform”, é uma plataforma *open-source* de desenvolvimento de experiências de RV e RA. O OSVR tem suporte para vários motores de jogos e sistemas operativos, com a capacidade de fazer renderização de alta qualidade em tempo real. A plataforma tem funções incorporadas para permitir gerir periféricos de RV existentes, de forma a criar uma interação compatível com o dispositivo no qual será utilizado. Esta plataforma é direcionada para o desenvolvimento de espaços de simulação, jogos ou outras experiências de RV.

¹⁸ Página do A-Frame <https://aframe.io>

¹⁹ Página do Mozilla Firefox <https://www.mozilla.org>

²⁰ Página do Google Chrome <https://www.google.com/chrome>

²¹ Página do Microsoft Edge <https://www.microsoft.com/microsoft-edge>

²² Página do OSVR <https://osvr.github.io>

O OSVR oferece um conjunto de *interfaces* multiplataforma (Boger, Pavlik, & Taylor, 2015) para dispositivos e periféricos de RV. Utiliza bibliotecas próprias e um grupo de *plug-ins* padrão, que são licenciados sob a Apache License 2.0, oferecendo compatibilidade com outros programas e *plug-ins* proprietários.

JanusVR

O JanusVR²³ é uma *framework open-source* para desenvolvimento de experiências de RV de forma colaborativa. Através desta plataforma de desenvolvimento, múltiplas pessoas poderão trabalhar no mesmo projeto aos mesmo tempo. As aplicações desenvolvidas nesta plataforma são direcionadas para aplicações de interação, jogos ou salas de encontro entre múltiplas pessoas num espaço virtual. Os sistemas em JanusVR são desenvolvidos sobre HTML, direcionados para a *web*, que são executados num navegador de internet para aceder aos conteúdos. Este *framework* tem suporte para reconhecimento das interfaces de controlo, como o de *Leap motion*. Oferece suporte para vários tipos de multimédia que podem ser utilizados nas aplicações desenvolvidas, como imagem, vídeo, áudio, animações, entre outros.

O JanusVR tem as vantagens semelhantes às descritas sobre o A-Frame, devido a ser desenvolvido sobre HTML para a *web*. Mas a capacidade de embeber os conteúdos, programando através de uma *interface* específica, oferece um apoio visual para o desenvolvimento de aplicações (Wang & Danling, 2018), e não sendo apenas desenvolvido por programação de código.

PrimroseVR

O PrimroseVR²⁴ é uma *framework open-source* para desenvolvimento de aplicações de RV direcionada para apresentação de produtos (*showcase*), encontros e conversas virtuais, como salas de encontro entre múltiplas pessoas num espaço virtual, ou criação de espaços tridimensionais para oferecer experiências de entretenimento. O desenvolvimento é baseado em Java e renderiza os gráficos virtuais usando o WebGL²⁵. As aplicações são compatíveis com navegadores de Internet, como Firefox, Chrome e Safari²⁶, desta forma é compatível com a maioria de computadores ou dispositivos móveis.

Semelhante ao funcionamento do A-Frame ou JanusVR, o seu desenvolvimento não permite a compatibilidade com bibliotecas padrão ou projetos desenvolvidos em outras *frameworks*. O JanusVR tem as suas próprias bibliotecas²⁷, mas disponibilizadas de forma *open-source*. O facto de ser desenvolvida em Java, poderá ser a razão de não ter grande afluência do interesse dos desenvolvedores, havendo uma considerável falta de suporte e atualização das bibliotecas.

Comparando as características das várias *frameworks* de desenvolvimento atualmente existentes, através da Tabela I, podemos verificar que a plataforma “A-Frame” é aquela que

²³ Página do JanusVR <https://janusvr.com>

²⁴ Página do PrimroseVR <https://www.primrosevr.com>

²⁵ Página do WebGL <https://get.webgl.org>

²⁶ Página do Apple Safari <https://www.apple.com/safari/>

²⁷ Repositório do Primrose <https://github.com/dmccg/primrose-site/blob/master/src/main/java/org/jmock/lib/JavaReflectionImposteriser.java>

satisfaz as necessidades que procuro para o desenvolvimento das aplicações para este projeto. A possibilidade de criar projetos de RV, com capacidade de reconhecimento de marcadores visuais com visualização por computador, satisfaz os requisitos necessários que um *smartphone* dispõe. Também um desenvolvimento baseado em HTML, permite uma maior compatibilidade com os dispositivos que existem atualmente no mercado, como *smartphones*.

Tabela I – Comparação de *Frameworks* de desenvolvimento

	OpenSource	AR	VR	Web based
Unity	Não	Sim	Sim	Não
OpenSpace3D	Sim	Sim	Sim	Não
A-Frame	Sim	Sim	Sim	Sim
OSVR	Sim	Sim	Sim	Não
JanusVR	Sim	Não	Sim	Sim
PrimroseVR	Sim	Não	Sim	Sim

2.5 Bibliotecas de visão por computador

Este tipo de bibliotecas são software/algoritmos lidos pelas aplicações desenvolvidas numa *framework*, com o objetivo de adicionar ou aumentar os conteúdos, quando processada a imagem captada pela câmara. Estes algoritmos utilizam os dados captados pela câmara ou outro tipo de sensor que capta imagem do mundo real, e processa a informação para determinar o que esta representa na imagem. Existem bibliotecas com objetivos específicos, que podem reconhecer caras, objetos, veículos, pessoas, cores, formas, etc., de forma a “aumentar a realidade” conforme a programação do desenvolvedor.

Para este projeto necessito de uma biblioteca compatível com a *framework* em que a aplicação será desenvolvida, que através das imagens captadas pela câmara de um dispositivo, fazer o rastreamento tridimensional de marcadores visuais colocados em objeto, para transformar a interação do mundo real em interação no ambiente virtual.

Apresento algumas bibliotecas existentes, para poder determinar qual a biblioteca mais apropriada para a realização deste projeto:

OpenCV

O OpenCV²⁸ é uma ferramenta compatível com linguagens de programação C++ e Python, que possui as suas próprias bibliotecas especializadas para executar várias tarefas de processamento de imagem ou vídeo. Sendo uma biblioteca multiplataforma, permite criar aplicações para Linux, Windows e Android, e é uma das ferramentas mais populares atualmente.

²⁸ Página do OpenCV <https://opencv.org>

A-FrameAR

O A-FrameAR²⁹ é uma biblioteca desenvolvida especificamente para a *framework* A-Frame, como solução de “aumentar a realidade” através de marcadores visuais criados através de um padrão com regras específicas. Esta biblioteca é lida diretamente através do navegador de Internet, e comunica os dados processados através da câmara, diretamente com a aplicação desenvolvida. É compatível com qualquer dispositivo capaz de executar a aplicação através do browser atualizados.

8th Wall

O 8th Wall³⁰ é uma biblioteca de RA para a *web*, direcionada para dispositivos móveis, com recurso da utilização da câmara para interação com marcadores de RA que são processados diretamente no dispositivo. Tal como o A-frameAR, utilizando este tipo de bibliotecas que não necessitam de instalação ou atualização das aplicações instaladas, torna sempre possível aceder a uma biblioteca atualizada quando esta é atualizada no seu local de alojamento. Por ser compatível com a maioria dos navegadores de Internet, qualquer utilizador pode executar este tipo de aplicações no seu *smartphone* e experienciar esta tecnologia. O 8th Wall foi programado inteiramente em JavaScript com recurso a WebGL de acordo com os padrões de compatibilidade. Tem como implementação o motor SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) para otimização de sistemas de RA, que podem ser vistos em tempo real nos navegadores móveis.

Os recursos do 8th Wall incluem: Rastreamento Posicional de 6 graus de liberdade (6DOF), que permite ao utilizador explorar o seu espaço e interagir com conteúdos de RA usando a câmara do *smartphone*; Estimativa de superfície que permite detetar o piso ou outras superfícies planas; Estimativa de iluminação para calcular os níveis de iluminação no mundo real, para serem usadas como iluminação do espaço virtual; Pontos no mundo real, que são identificados pela câmara como referência de posição; Pontos de toque, que permitem uma interação com superfícies detetadas; Alvos de imagem, permitem que aplicações *web* detetem e acompanhem constantemente a posição de um conteúdos carregada na aplicação. Possibilitando uma variedade de possibilidades desta biblioteca.

Vuforia

O Vuforia³¹ é um SDK para desenvolvimento de aplicações de RA para dispositivos móveis, que utiliza a tecnologia de visão por computador para fazer o rastreamento da imagem para aplicar em tempo real, elementos 2D, 3D e outros conteúdos, para aumentar a realidade. O Vuforia fornece interfaces de programação de aplicações (API) nas linguagens C ++, Java, Objective C++ e .NET, através de uma extensão para o motor de jogo do Unity. Este SDK oferece suporte ao desenvolvimento nativo para os sistemas operativos iOS, Android e Windows, e, portanto, poder ser aplicado a qualquer dispositivo móvel ou fixo que utilize estes sistemas operativos.

²⁹ Repositório do A-FrameAR <https://github.com/jeromeetienne/AR.js>

³⁰ Página do 8th Wall <https://www.8thwall.com>

³¹ Página do Vuforia <https://developer.vuforia.com>

Wikitude

O Wikitude³² é um SDK para desenvolvimento de aplicações de RA, capaz de reconhecer objetos, rastrear percursos, detetar marcadores visuais, de modo a aumentar a realidade do espaço utilizando imagens, objetos, cenas e localizações geográficas. Este *kit* de desenvolvimento é direcionado para ser usado com os programas Unity, Cordova³³, Xamarin³⁴ ou Flutter³⁵, mas também pode ser utilizado com *frameworks* que desenvolvem aplicações em JavaScript. As aplicações desenvolvidas utilizando esta biblioteca são compatíveis com os sistemas operativos Android, iOS e Windows, dessa forma, compatíveis com *smartphones* que utilizem esses sistemas operativos.

Através da Tabela II posso concluir que a biblioteca mais apropriada para as tarefas que pretendo realizar neste projeto é a “A-FrameAR”, devido à sua compatibilidade com a *framework* A-Frame, e a capacidade de fazer o processamento da visão por computador para aumentar a realidade na implementação dos conteúdos digitais necessários.

Tabela II – Características das bibliotecas de visão por computador

	OpenSource	Linguagem	Compatível com A-Frame	Compatível com Android
OpenCV	Sim	C++, Python	Não	Sim
A-FrameAR	Sim	Javascript	Sim	Sim
8th Wall	Não	Javascript	Sim	Sim
Vuforia	Não	C ++, Java, Objective C ++ e .NET	Não	Sim
Wikitude	Não	Javascript	Não	Sim

2.6 Exemplos de interação em projetos para RV

Nesta secção investigo alguns projetos que utilizam sistemas de RV e experiências com objetivos tangíveis, que podem ser utilizadas para interação em ambientes digitais, e rastreamento de objetos físicos.

Com os exemplos estudados poderei conhecer como outros investigadores recorreram a tecnologia fazer o reconhecimento de objetos físicos, apresentação dos conteúdos digitais, e formas de interação com os objetos tangíveis ou com outros utilizadores a partilhar o mesmo espaço, e ver potencialidades e barreiras para o desenvolvimento deste projeto.

³² Página do Wikitude <https://www.wikitude.com>

³³ Página do Apache Cordova <https://cordova.apache.org>

³⁴ Página do Microsoft Xamarin <https://dotnet.microsoft.com/apps/xamarin>

³⁵ Página do Google Flutter <https://flutter.dev>

Real Virtuality: A Multi-User Immersive Platform Connecting Real and Virtual Worlds

A possibilidade de múltiplos utilizadores estarem no mesmo ambiente virtual (Figura 2.14), torna possível uma interação e partilha de objetos entre ambos. (Chagué & Charbonnier, 2016) criou um ambiente de objetos partilhados em que múltiplos utilizadores equipados com um HMD e um dispositivo de computação para o processamento da informação, podem partilhar o mesmo espaço real e virtual.

A deteção do corpo e dos objetos, é feita utilizando marcadores colocados em várias partes do corpo dos utilizadores e nos objetos, que refletem a luz. Com as câmaras infravermelhas colocadas no espaço, torna possível detetar o posicionamento e movimento de cada utilizador, tal como os objetos em questão, e assim serem vistos no mundo virtual na perspetiva de cada utilizador.



Figura 2.14 – Demonstração do projeto “Real Virtuality: A Multi-User Immersive Platform Connecting Real and Virtual Worlds”.³⁶

O objetivo deste exemplo é demonstrar a possibilidade de interação entre diferentes utilizadores, com os mesmos objetos, no mesmo espaço virtual. As ações de cada utilizador são visualizadas pelos restantes utilizadores do sistema, e a capacidade de cada um dos utilizadores ser portador de um HMD com o seu sistema de processamento independente sem fios, permite uma liberdade no espaço em que as únicas limitações são o limite do espaço físico onde estão.

High Marker Density Motion Capture by Retroreflective Mesh Suit

(Tanie, Yamane, & Nakamura, 2005) utiliza no projeto “High Marker Density Motion Capture by Retroreflective Mesh Suit” (Figura 2.15), o mesmo conceito dos refletores para deteção dos movimentos e posições, tal como descrito no exemplo anterior, mas em maior quantidade, com mais pontos transformados em dados.

A captura de movimento ótico passivo permite resultados com uma grande precisão e flexibilidade, ao mesmo tempo com um baixo nível de interferência. Estas superfícies refletoras podem ser aplicadas a uma pessoa, um espaço ou um objeto, que deteta a mudança da posição várias vezes por segundo para determinar o movimento, ou a relação entre diferentes pontos para determinar a forma.

Quanto mais marcadores foram colocados, maior a quantidade de dados gerados para criar um movimento mais preciso entre cada ponto de referência. No entanto, quanto mais pontos de referência existem, a sua proximidade será maior, criando a necessidade de uma câmara com melhor resolução para detetar cada ponto individualmente. No processo de

³⁶ Imagens retiradas do artigo “Real Virtuality: A Multi-User Immersive Platform Connecting Real and Virtual Worlds” https://www.researchgate.net/publication/293313811_Real_Virtuality_A_Multi-User_Immersive_Platform_Connecting_Real_and_Virtual_Worlds

reconstrução digital também torna necessário um maior poder de processamento para calcular cada ponto relativamente aos pontos adjacentes. Utilizando várias câmaras para detetar os pontos refletivos de posições distintas em volta de um utilizador, é possível criar uma geometria 3D de um elemento completo. Este método é tradicionalmente usado para a criação de sequências de animação, ou personagens gerados por computador na produção de filmes e produção audiovisual.

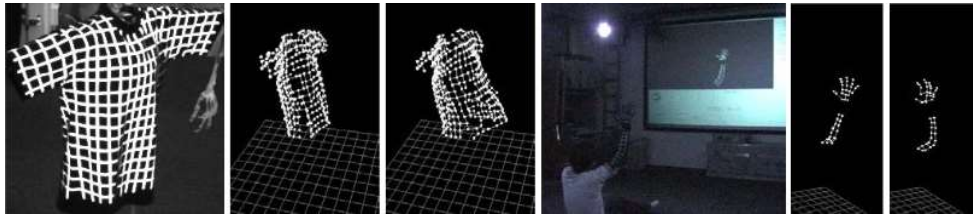


Figura 2.15 – Demonstração de um sistema com materiais refletivos.³⁷

Este exemplo mostra a capacidade de utilizar a tecnologia para transformar formas e movimentos reais em informação digital, que poderá ser vista em tempo real pelos utilizadores do sistema, ou com a utilização dos dados para produção posterior de conteúdos.

Tangible User Interaction Using Augmented Reality

Através de marcadores visuais para visão por computador, (Slay, Thomas, & Vernik, 2002) utilizam uma câmara para identificar o posicionamento do marcador visual que é detetado. Esta aplicação de RA, permite colocar diversos conteúdos digitais relativos ao posicionamento de cada marcador visual, fazendo um rastreamento em tempo real do posicionamento e rotação.

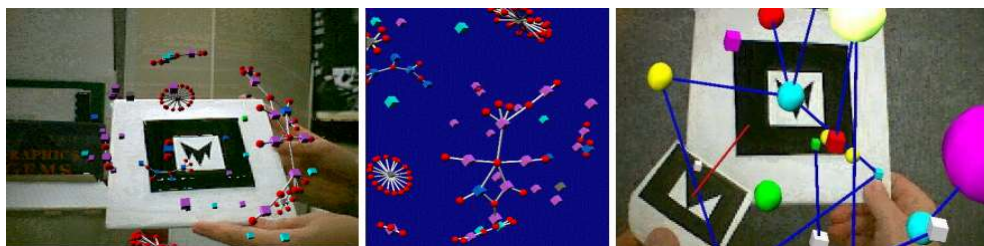


Figura 2.16 – Demonstração de um sistema com rastreamento de marcadores visuais.³⁸

Neste exemplo, os marcadores visuais mostram modelos tridimensionais semelhantes a ligações de moléculas (Figura 2.16), que o utilizador pode inspecionar conforme a sua preferência, ao girar e aproximar o marcador visual. Ao aproximar ou afastar o marcador do utilizador, é possível ampliar ou reduzir o seu ponto de vista, e ao girar, poderá ver diferentes lados do modelo.

³⁷ Imagens retiradas do artigo "High Marker Density Motion Capture by Retroreflective Mesh Suit" <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/1570551> de Hiroaki Tanie, Katsu Yamane, Yoshihiko Nakamura

³⁸ Imagens retiradas do artigo "Tangible User Interaction Using Augmented Reality" https://www.researchgate.net/publication/2535758_Tangible_User_Interaction_Using_Augmented_Reality de Hannah Thinyane, Bruce H. Thomas, Rudi Vernik.

Haptic Revolver: Touch, Shear, Texture, and Shape Rendering on a Reconfigurable Virtual Reality Controller

Tradicionalmente o controlo para interação com sistemas de RV é feito através de controladores que o utilizador segura com as mãos. (Whitmire, Benko, Holz, Ofek, & Sinclair, 2018) com o projeto “Haptic Revolver: Touch, Shear, Texture, and Shape Rendering on a Reconfigurable Virtual Reality Controller”³⁹ (Figura 2.17), utiliza um controlador Vive Tracker⁴⁰ para o movimento da interação com o sistema, mas acrescenta um mecanismo para aumentar a possibilidade de interação.

Colocando no controlador Vive Tracker, um objeto mecânico rotativo que é movimentado com o dedo do utilizador, torna possível um controlo rotativo lateral, ao mesmo tempo que controla o posicionamento no espaço tridimensional com o controlador anexado. A roda pode ser mudada, para outra com diferentes formas, diâmetros, texturas, resistência, etc. O utilizador pode escolher o mecanismo de roda apropriado para a ação que pretende realizar ou interagir, para que as representações da física sejam as mais apropriadas para criar uma experiência háptica com precisão.



Figura 2.17 – Demonstração de um sistema háptico com implementação de um Vive Tracker.⁴¹

Este exemplo demonstra as potencialidades de conjugar novas formas de interação a controladores existentes de Realidade Virtual. Esta conjugação de dispositivos de interação, torna possível o controlo e manipulação de tarefas específicas ou especializadas em ambientes virtuais.

Sympathetic Interfaces: Using a Plush Toy to Direct Synthetic Characters

Utilizando sensores personalizados para utilizar numa forma de interação que não é direcionada para VR, (Johnson, Wilson, Blumberg, Kline, & Bobick, 1999) utilizam no projeto “Sympathetic Interfaces: Using a Plush Toy to Direct Synthetic Characters”, um dispositivo com a forma semelhante do elemento digital que pretende controlar no ecrã, mas que possui diferentes sensores para movimento, rotação, posição, vibração. O resultado é um dispositivo à semelhança de um boneco de voodoo (Figura 2.18), em que os movimentos aplicados no boneco físico, são reproduzidos da mesma forma no boneco digital.

³⁹ Vídeo demonstrativo <https://www.youtube.com/watch?v=kp01cDULqpI>

⁴⁰ Vive Tracker <https://www.vive.com/us/vive-tracker/>

⁴¹ Imagens retiradas do artigo “Haptic Revolver: Touch, Shear, Texture, and Shape Rendering on a Reconfigurable Virtual Reality Controller” https://www.researchgate.net/publication/324660183_Haptic_Revolver_Touch_Shear_Texture_and_Shape_Rendering_on_a_Reconfigurable_Virtual_Reality_Controller

Apesar da forma como este exemplo foi construído não estar direcionado para a realização desta dissertação, o conceito de ter elementos físicos com a mesma geometria que os elementos digitais, é parte importante a tirar deste exemplo.



Figura 2.18 – Componentes de um sistema que utiliza um controlador visualmente familiar.⁴²

Deste exemplo podemos ver o resultado ao utilizar um dispositivo de interface que representa especificamente o elemento digital que pretendemos controlar, um *proxy controller*. Apesar de ser um dispositivo com muitos mecanismos e sensores, para o utilizador o que importa é o componente exterior do dispositivo. No caso do deste projeto, a componente visual não será essencial, apenas a forma geométrica é importante.

Leap motion

Segundo explica (Shao, 2015), o sistema de “Leap motion”⁴³ permite fornecer uma representação das mãos do utilizador para utilização em sistemas de RV. No artigo “Analysis of the Accuracy and Robustness of the Leap Motion Controller” (Weichert, Bachmann, Rudak, & Fisseler, 2013) apresentam um estudo que demonstra que esta tecnologia é capaz de ter uma precisão abaixo de um milímetro. O rastreamento do movimento das mãos é transformado em dados entendidos pelo controlador da API, que quantos mais pontos de reconhecimento tiver, maior a precisão nos movimentos e gestos feitos pelo utilizador, para transformação na interação com o meio digital. Para além dos movimentos, também tem a capacidade de detetar a posição dos dedos, palmas e braços, obtendo assim os dados de posição, direção e velocidade dos movimentos das mãos.

O “Leap motion” (Figura 2.19) é um sistema criado pela empresa Ultrahaptics⁴⁴, que é especializada na investigação e desenvolvimento de tecnologia háptica, para criar dispositivos que permite aos utilizadores receberem *feedback* tátil sem necessitar de tocar fisicamente em dispositivos ou objetos.

Com o projeto “Comparison of Gesture, Gamepad, and Gaze-based Locomotion for VR Worlds”, (Cardoso, 2016) desenvolveu duas formas de locomoção utilizando um sistema Leap Motion montado num HMD de RV. Os resultados da investigação permitiram concluir que o sistema poderá ser utilizado para indicar um movimento reto através do direcionamento do olhar do utilizador, mas também ter um controlo do movimento através dos gestos com as mãos. Desta forma, utilizando um sistema externo, é possível dar ao utilizador uma interface que não obriga a segurar dispositivos físicos com as mãos. No

⁴² Imagens retiradas do artigo “Sympathetic Interfaces: Using a Plush Toy to Direct Synthetic Characters” https://www.researchgate.net/publication/221518689_Sympathetic_Interfaces_Using_a_Plush_Toy_to_Direct_Synthetic_Characters

⁴³ Leap Motion <https://www.leapmotion.com>

⁴⁴ Ultrahaptics <https://www.ultrahaptics.com>

âmbito deste projeto, esta é uma característica importante, porque permitiria ao utilizador interagir fisicamente com tangíveis passivos, ao mesmo tempo que lhe dá a liberdade de movimento no espaço virtual.



Figura 2.19 – Demonstração do funcionamento dos sensores do Leap Motion.⁴⁵

Este dispositivo de interface demonstra as possibilidades de interação através de gestos que o utilizador pode fazer no espaço para controlo de um sistema. Esta é uma forma cujo objetivo é não utilizar qualquer objeto físicos, que não sendo o objetivo deste projeto, o que posso retirar deste exemplo é que a utilização desta tecnologia poderia ser implementada neste projeto para deteção das mãos do utilizador no ambiente virtual. Fazendo da deteção da posição e movimentos das mãos em relação ao HMD, o utilizador poderá em tempo real, visualizar a relação entre a mão e os objetos que pretende interagir.

Surface Detection and Recognition Using Infrared Light

A tecnologia de luzes infravermelhas, segundo (Dulik & Ladanyi, 2014) descrita no projeto “Surface Detection and Recognition Using Infrared Light” (Figura 2.20), que poderá ser usada para deteção e reconhecimento de superfícies. Este é um método não intrusivo que pode ser implementado para detetar diferentes tipos de superfícies, mas também objetos através da sua forma geométrica. A luz infravermelha é um tipo de luz que faz parte do espectro que não é visível pelo olho humano, mas é capaz de ser detetada por sensores eletrónicos, como câmaras. Esta emissão de luz de infravermelhos possibilita ao sistema identificar a forma ou posição no espaço de elementos quando a mesma incide. Os resultados da deteção dos objetos, poderá ser traduzida para o mundo virtual, para criar essa forma geométrica no ambiente virtual.

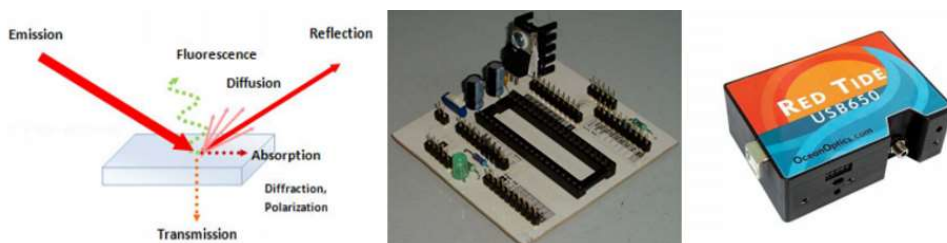


Figura 2.20 – Componentes de um sistema de deteção por luzes infravermelhas.⁴⁶

⁴⁵ Imagens retiradas da página web <https://www.leapmotion.com>

⁴⁶ Imagens retiradas da página web <https://www.ultrahaptics.com>

Este exemplo demonstra como é possível fazer uso de outros dispositivos tecnológicos para fazer o reconhecimento, tanto de objetos como do espaço físico, que poderá permitir aos utilizadores identificar o espaço real à sua volta, para beneficiar a interação e movimentação em espaços virtuais.

Apesar das tecnologias apresentadas nos exemplos acima, poderem não ser especificamente desenvolvidas para sistemas de RV, posso tirar algumas ideias das formas de interação para serem pensadas para RV, ou a possibilidade de conjugar diversas tecnologias de sistemas comerciais para interação que necessito para este projeto.

Na Tabela III apresento a comparação das tecnologias utilizadas nos diferentes exemplos descritos anteriormente. Para cada sistema é identificado para que sistema digital é direcionado, a tecnologia de deteção que utiliza, o sistema de posicionamento (como descrito no ponto 2.3, e o dispositivo onde é feito o processamento da informação. Estes dados permitem fazer a escolha da tecnologia mais apropriada para o desenvolvimento deste projeto.

Tabela III – Tecnologias usadas nos exemplos de RV

	Sistema	Tecnologia de deteção	Sistema de Posicionamento	Processamento
Real Virtuality	RV	Motion caption	Outside-in	UP
Retroreflective Mesh Suit	RV	Motion caption	Outside-in	UP
Marcadores visuais	RA	Visão por computador	Inside-out	Dispositivo
JumpAR	RA	Visão por computador	Inside-out	Dispositivo
Annexing Reality	RA	Visão por computador	Inside-out	UP
Snake Charmer	RV	Mecânico	n/a	UP
Haptic Revolver	RV	Mecânico	n/a	UP
Sympathetic Interfaces	n/a	Mecânico	n/a	UP
Leap motion	RV	Sensor ultrassónico	n/a	UP
Luzes infravermelhas	RV	Sensor	n/a	UP

Legenda: n/a – Não aplicável; UP – Unidade de Processamento.

2.7 Tecnologias para interação em RV

Com os exemplos apresentados no ponto 2.5, podemos retirar algumas ideias e tecnologias para serem implementadas num sistema de RV para o conceito desta dissertação.

Com a tecnologia de “Motion Capture” poderíamos identificar com os refletores, a forma e posicionamento de objetos para interagir em ambientes virtuais, mas também utilizar para identificar o posicionamento das mãos e pés dos utilizadores, para o utilizador ter pontos de referência quando se move em RV. Como (Whitmire et al., 2018) utilizou o Vive Tracker no projeto referido, este projeto também poderia beneficiar deste dispositivo para identificação do posicionamento das mãos do próprio utilizador, para identificar a distância com os objetos com que pretende interagir.

As tecnologias utilizando marcadores visuais, como descritas por (Klimm, Walczak, & Ayen, 2019; Slay et al., 2002), que são um sistema direcionado para aplicações de RA, que tem a capacidade de fazer o reconhecimento do posicionamento e profundidade, podem ser transferidos para sistemas de RV, para que o posicionamento detetado seja usado neste projeto.

Tal como demonstra (Araujo et al., 2016), a criação de objetos com geometrias e texturas relacionadas com os elementos pretendidos, poderá ser vantajoso quando pretendemos que haja uma interação do utilizador com tangíveis passivos. Ao oferecer ao utilizar uma forma tátil relacionada com o que ele vê num mundo virtual, permite criar uma relação háptica e imersiva da interação.

A criação de um dispositivo com sensores personalizados, não será o foco deste projeto, mas poderá haver a possibilidade de serem utilizados dispositivos existentes, como sensores ou mecanismos, que auxiliem na forma de interação.

Capítulo 3

Metodologia

Neste capítulo são enumerados os vários métodos para o desenvolvimento desta dissertação. Sendo o objetivo principal deste projeto, caracterizar o espaço de design para interação em realidade virtual através de tangíveis passivos, é essencial conhecer a tecnologia existente e identificar limitações e potencialidades.

Através do estudo do estado da arte, permitiu-me conhecer de forma aprofundada, a investigação e desenvolvimentos desde os primeiros desenvolvimentos históricos, até a o estado atual da tecnologia de RV, mas também conhecer como esta tecnologia foi desenvolvida e o rumo que poderá levar no futuro. O conhecimento sobre as *frameworks* e bibliotecas, relacionadas com RV, RA e RM, permitiu-me selecionar quais as melhores ferramentas para o desenvolvimento deste projeto e os recursos existentes que poderei utilizar para a execução dos protótipos.

Através do estudo de diversos exemplos de projetos de investigação desenvolvidos na área de RV, permitiu-me conhecer uma variedade de abordagens e formas de interação que outros investigadores utilizaram com esta tecnologia. Também com estes exemplos pude caracterizar o espaço de design e assim criar novas ideias para o desenvolvimento de protótipos para as minhas sessões e testes de grupos.

A prototipagem foi a parte seguinte ao estudo feito sobre o tema. Com o desenvolvimento de protótipos, tornou possível criar exemplos práticos em que os participantes puderam ter contacto com os elementos. Desta forma, podendo explorar as funcionalidades dos protótipos desenvolvidos, mas também as potencialidades que estes poderiam permitir para além das possibilidades que imaginei sobre os mesmos.

A fase de prototipagem está dividida em 3 níveis: nível baixo, nível média e nível alto. O nível baixo refere-se como protótipos da criação de elementos que de forma física tenta aproximar a forma geométrica através de materiais banais, como cartão, e a parte digital de forma a verificar a eficiência da deteção visual dos mesmos. O nível médio, refere-se a um desenvolvimento mais elaborado, tanto da parte física como da parte digital, em que a construção física é mais elaborada, com mais pormenores e tipos de materiais utilizados, com texturas e colagens de diferentes secções. A parte digital deste nível requer uma maior quantidade de trabalho de forma a modelar digitalmente os elementos digitais à semelhança da forma física. Este nível de prototipagem não requer grande quantidade de investimento financeiro, apenas investimento de tempo, porque apenas requer a utilização de alguns materiais de trabalhos manuais e um software gratuito de modelação tridimensional. O terceiro nível de prototipagem, nível alto, tem como objetivo um maior investimento tanto de tempo para modelação, programação e construção física, como da necessidade de materiais que sejam mais rígidos que ofereçam uma experiência háptica mais rica.

Para planear as sessões de trabalhos em grupo, recorri a um planeamento de cada sessão, através da criação de storyboards e formulários. Desta forma consigo ter um planeamento da sequência de ações da mesma forma para todos os participantes.

Através de entrevistas, sessões de ideação, permite-me obter opiniões e ideias do público, e como este espera interagir em sistemas de RV. Os testes de grupos são direcionados para os utilizadores experimentarem os protótipos desenvolvidos, de modo a verificar a utilidade e eficiência dos protótipos criados, durante as várias fases do projeto. Em todas estas sessões, é adquirida informação dos participantes de modo a compreender as suas expectativas, interesses e problemas ocorridos durante a experiência, de forma melhor caracterizar o espaço de design deste projeto, e melhorar a cada fase da investigação e desenvolvimento. A realização dos testes com grupos, foram realizadas no final de cada mês, durante os últimos três meses do desenvolvimento do projeto, sendo que o último mês ficou reservado à elaboração do relatório com os dados recolhidos.

Tendo como objetivo desde projeto, caracterizar e explorar o espaço de design para desenvolvimento de protótipos que tiram partido da utilização de objetos tangíveis para interação em ambientes de Realidade Virtual, pretendo realizar diversas tarefas que me permitam concluir quais os métodos mais eficazes para realizar as experiências:

- Produzir desenhos dos marcadores visuais para o *tracking* mais eficiente nos movimentos tridimensionais e rotação;
- Estudar formas de posicionamento dos marcadores nos objetos para uma interação do utilizador sem interrupções;
- Aferir a possibilidade de detetar as mãos e pés do utilizador, outros utilizadores, e outros elementos físicos do espaço, usando marcadores visuais.
- Desenvolvimento de objetos tangíveis para utilizando diferentes formas e materiais;
- Desenvolvimento de aplicações em RV para utilização com tangíveis passivos.

A escolha do *hardware*, *smartphone* e óculos VR de suporte de dispositivos do tipo *tablet*, foi a opção escolhida para o desenvolvimento deste projeto. Esta opção deve-se que ambos estes dispositivos estão mais acessíveis ao público em geral, o facto da compatibilidade de um *smartphone* com a tecnologia de WebVR que permite ser utilizada na maioria dos dispositivos móveis do público em geral, e o preço de óculos VR para suporte para *smartphone* custar poucas dezenas de euros, permite que eu, e outros utilizadores possam utilizar os protótipos desenvolvidos durante este projeto, mas também depois de finalizado.

O processo do desenvolvimento dos protótipos e sistemas para este projeto, está em constante evolução. Com os protótipos desenvolvidos com os fatores enunciados na caracterização do espaço de design, estes serão usados pelos participantes das sessões de ideação, em que o feedback recebido pelos participantes será tido em conta para corrigir problemas, melhorar formas de interação, ou aplicar novos conceitos aos protótipos desenvolvidos. Todas estas informações recolhidas serão usadas para o melhoramento dos protótipos existentes e desenvolvimento de novos protótipos, que voltarão a ser utilizados na próxima sessão de ideação, com a participação dos mesmos utilizadores, ou novos utilizadores, permitindo um desenvolvimento contínuo e avaliação dos protótipos. Este método visa aprofundar o desenvolvimento dos protótipos, fazendo melhoramentos, utilizando novos materiais, corrigir problemas, ao longo das diferentes fases do desenvolvimento, para obter o melhor resultado.

Para o cumprimento da realização deste projeto, foi crucial o planeamento temporal de todas as tarefas necessárias. Através de um planeamento detalhado da sequência das tarefas, cada tarefa foi cumprida de modo a que o passo seguinte do desenvolvimento não fosse impedido de ser realizado, ou em que a respetiva investigação é a base para o desenvolvimento.

Cumprindo, com relativa eficácia, o tempo limite que estipulei para terminar cada tarefa, o projeto foi desenvolvido semanalmente, permitindo a apresentação do mesmo às pessoas envolvidas no projeto, mas também as datas estipuladas para apresentações públicas.

3.1 Plano de trabalho

O plano de trabalho realizado foi elaborado de modo a conjugar com a carga horária das unidades curriculares do primeiro semestre, de modo a cumprir as metas para a investigação necessária sobre o “Estado da Arte”, de modo a tomar as devidas decisões sobre os passos seguintes para o desenvolvimento da “Proposta” do projeto.

Ainda no primeiro semestre, à medida que fiz a investigação da tecnologia existente e projetos já realizados na área desta investigação, desenvolvi vários protótipos de baixo nível, recorrendo a materiais banais com a capacidade de serem cortados ou moldados, para conseguir atingir as formas geométricas necessárias para os elementos que desenvolvi. Com estes primeiros protótipos, permitiu-me tirar conclusões sobre as limitações da tecnologia escolhida para o projeto, e assim pude definir o melhor rumo para o desenvolvimento.

Com a realização de algumas entrevistas e o desenvolvimento de alguns protótipos durante o primeiro semestre, pretendo ainda no final do primeiro semestre começar a realizar sessões de ideação. Estas sessões de ideação têm como objetivo disponibilizar ideias práticas através de protótipos, a pessoas de diversas áreas, com o objetivo de usarem os protótipos e fornecerem feedback sobre a sua experiência, falhas, potencialidades que considera durante o uso dos mesmos. A informação será recolhida durante cada sessão, enquanto cada utilizador tiver em contacto com o protótipo e com uma entrevista no final da sessão.

3.2 Planeamento temporal

O gráfico demonstrado através da Figura 3.1, apresenta o plano de trabalho previsto para a realização do projeto, dentro do tempo estipulado, de modo a planear o tempo para a realização de cada tarefa; poder combinar com antecedência a participação das pessoas que irão participar nas sessões de ideação e testes; e assegurar a reserva e disponibilidade dos espaços necessários para a realização dos mesmos.

O esquema está dividido em 4 partes, que entro em mais pormenor sobre cada uma delas, conforme a necessidade da identificação das tarefas:

1. Relatório
2. Prototipagem
3. Trabalho de Grupo
4. Apresentações

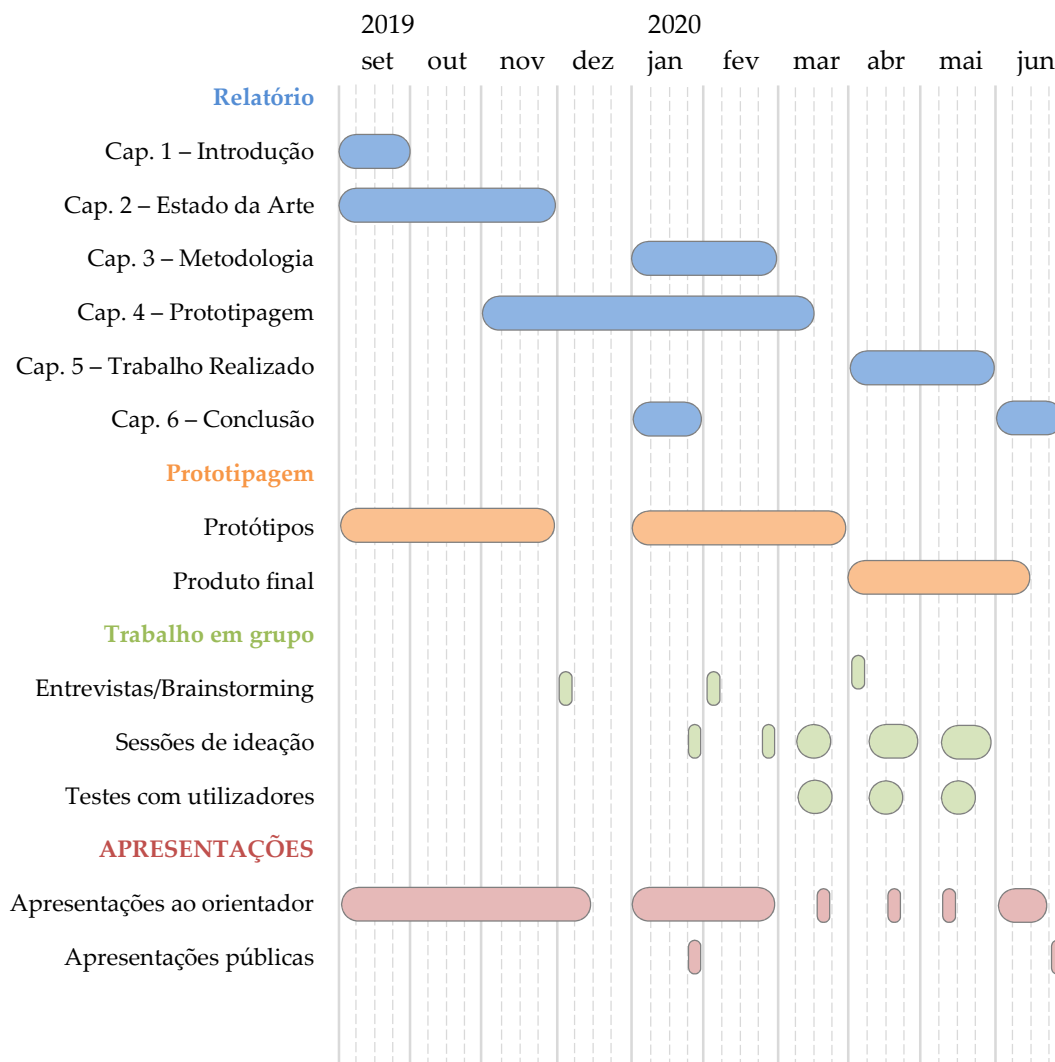


Figura 3.1 – Calendário de trabalho previsto.

Descrição de cada tarefa apresentada na Figura 3.2, para a realização do projeto:

1. Relatório – Evolve todo o estudo e escrita do documento que conjuga todas as partes a apresentar do projeto. Planeando o tempo que é necessário para descrição de cada capítulo e a data prevista para quanto pretendo que seja terminado.
2. Prototipagem – Desenvolvimento de vários protótipos necessários durante a investigação. Existem 3 níveis de protótipos: nível baixo, nível médio, nível alto. Que envolve o grau de pormenor e qualidade do objeto /aplicação em questão.
3. Trabalho em Grupo – Tarefas que envolvem a participação de outras pessoas, para a realização de entrevistas, sessões de ideação ou realização de testes com os protótipos desenvolvidos ao longo do projeto.
4. Apresentações – Reuniões e apresentações do trabalho realizado durante a investigação e desenvolvimento do projeto. As reuniões com o orientador estão previstas semanalmente, mas existem 2 apresentações com datas específicas, para apresentação do trabalho ao júri. Apesar de serem datas pontuais, existe uma preparação ao longo do tempo para preparar o trabalho a apresentar.



Figura 3.2 – Calendário de trabalho realizado.

O planeamento temporal do projeto sofreu alguns desvios na prototipagem e nas sessões realizadas com os utilizadores. O produto final que estava planado para início da sua produção em abril, depois de todos os protótipos estarem desenvolvidos para explorar o espaço de design, mas começou a ser desenvolvido em fevereiro, enquanto se continuava a realizar protótipos específicos para testar ideias que surgiam durante sessões que eram realizadas com utilizadores, e dessa forma permitindo evoluir métodos ou desenvolver novas formas de interação preferidas pelos utilizadores. Também as sessões com utilizadores sofreram desvios da data para quando estavam planeadas devido à necessidade de realizar testes com os utilizadores com o desenvolvimento do livro virtual. Também estava planeado no meio de cada mês ser feita uma avaliação do protótipo com utilizadores, mas devido à situação da pandemia do Covid-19, estas sessões não puderam ser cumpridas como planeadas, tendo sido desenvolvidas formas de recolha da informação conforme era pretendido.

3.3 Recursos necessários

O desenvolvimento da investigação deste projeto envolve a prototipagem de duas formas: a criação dos objetos físicos, e o desenvolvimento da aplicação. Estes dois protótipos trabalhar em conjunto para oferecer a experiência de interação do meio digital.

Serão necessários materiais físicos com a capacidade de serem “moldados” para formas específicas, mas também recorrendo ao uso de materiais com texturas para permitir uma experiência háptica imersiva.

O desenvolvimento da aplicação que permite “identificar” o objeto, será desenvolvido num programa de edição de texto gratuito, que desta forma não trás custos adicionais para o desenvolvimento necessário.

Para que esta experiência seja usada na prática, será necessário um *smartphone* e um HMD de suporte ao dispositivo. Este será o maior custo necessário para o desenvolvimento deste projeto, porque o dispositivo necessita de obedecer a alguns requisitos mínimos específicos para tornar possível realizar a experiência:

- Ecrã panorâmico com pelo menos 4,5”;
- Sistema operativo igual ou superior ao Android 7.0;
- Ligação wireless à Internet;
- Suporte de óculos RV para *smartphone*.

Os recursos tecnológicos utilizados foram os seguintes:

- Smartphone Xiaomi Redmi Note 8;
- Trust Virtual Reality Glasses GTX720;

Capítulo 4

Prototipagem

Neste capítulo apresento todo o trabalho realizado durante o desenvolvimento desta investigação. A evolução da prototipagem deste projeto envolve diversas etapas de modo a obter resultados concretos que me permitam tomar decisões para o desenvolvimento de uma fase seguinte, mas também de melhorar os protótipos atuais.

A prototipagem envolve o desenvolvimento de programação de aplicações tridimensionais, os objetos tangíveis necessários (Figura 1.1), e os conteúdos multimédia que serão apresentados. Estes três fatores do desenvolvimento permitem criar cada um dos protótipos, com objetivos específicos da investigação, permitindo identificar potencialidades que as aplicações permitem na apresentação dos conteúdos multimédia, mas também identificar os problemas que poderão impedir que conteúdos ou interações possam ser realizadas.

Na apresentação de cada protótipo descrevo qual o objetivo do seu desenvolvimento e a finalidade para o qual foi desenvolvido, seja para apresentar um conteúdo multimédia ou verificar a eficiência de uma interação. Apresento a programação do código específico necessário para o desenvolvimento na *framework* utilizada. E os conteúdos multimédia utilizados e desenvolvidos para a demonstração do protótipo em questão, com o intuito de verificar a qualidade e nível de interesse ao utilizar um suporte e sistema deste género para consumir e interagir com a informação.

Os protótipos são apresentados de forma cronológica, consoante o desenvolvimento da investigação, aplicando o conhecimento adquirido no protótipo seguinte, permitindo uma evolução a cada desenvolvimento. Estes desenvolvimentos ao longo da investigação, não foram sujeitos a uma avaliação por outras pessoas para determinar a eficiência de interação, imersividade ou interesse, apenas foram sujeitos a uma apresentação pelos elementos ligados à investigação. Tendo sido selecionados apenas alguns protótipos para as sessões com a participação pelos participantes das sessões de ideação, que também contribuíram com a sua opinião sobre o interesse e problemas dos respetivos protótipos.



Figura 4.1 – Diversos objetos e padrões utilizados para a prototipagem.

Protótipo #1 – Formas primitivas tangíveis

Interação com objetos usando marcadores visuais em cubos identificados por cores

Este primeiro protótipo tem como propósito colocar os marcadores visuais desenvolvidos, em formas físicas. Aplicando os padrões nas faces de três formas geométricas, perimiu-me verificar a qualidade do reconhecimento dos padrões, para que os movimentos do objeto virtual correspondem aos movimentos dos objetos reais.

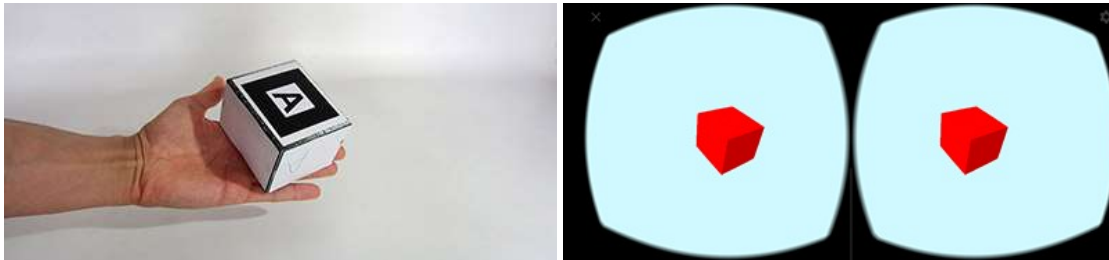


Figura 4.2 – Forma geométrica em cartão com um marcador visual colado numa das faces.

Para o funcionamento da *framework* foi necessário de recorrer à biblioteca específica através de scripts para o funcionamento das aplicações, recorrendo à “aframe.1.0.4.js” como a biblioteca principal, e a “aframe-ar.js” para o rastreamento dos marcadores visuais utilizados nos protótipos e a visualização em modo VR para os dois olhos.

As medidas do objeto virtual são criadas em relação ao tamanho do marcador visual, ou seja, a largura do marcador visual (que é de forma quadrada), no A-Frame corresponde a 1 metro, com essa relação permite-me programar o tamanho do objeto que pretendo, em relação ao tamanho do marcador visual. Neste caso, devido ao tamanho do marcador ser mais pequeno que a face do objeto real, e os três lados do objeto serem diferentes, necessitei de calcular o tamanho em unidades em relação ao tamanho do padrão.

Verificando que o objeto criado é posicionado em relação ao centro do marcador visual, cuja sua posição em X, Y e Z, são relativas ao centro de objeto digital (Figura 4.2), necessitei de recuar no eixo do Y, metade da distância de profundidade do objeto virtual, de forma a que este seja apresentado na perspetiva correta em relação ao padrão visual.

Com esta experiência consegui verificar o realismo virtual quando em contacto com os objetos (Figura 4.3), se este contacto tangível correspondia à semelhança do contacto visual real. Ao mesmo tempo verifiquei a qualidade do rastreamento dos padrões visuais, quando movia o objeto nos 3 eixos e aplicava rotações nos 3 eixos. Verifiquei que o rastreamento do padrão é possível até quase 90º de inclinação, mas para além desse ponto, perco de vista o elemento virtual, devido a que a câmara deixa de identificar a sua posição.

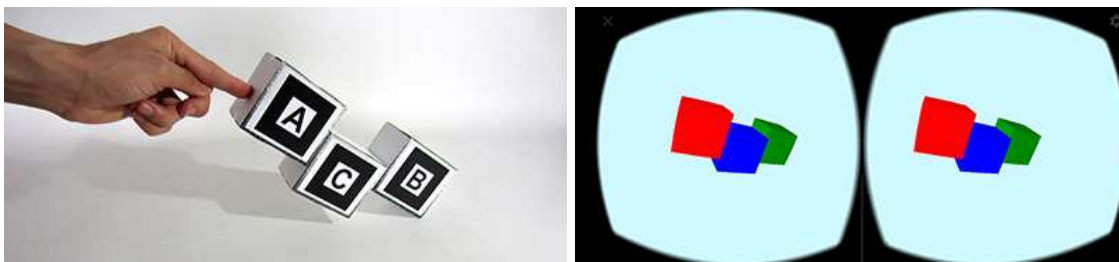


Figura 4.3 – Visualização do contacto dos elementos virtuais quando em contacto dos objetos reais.

Utilizando múltiplos objetos reais no mesmo espaço, com cada um ter aplicado um padrão visual distinto, permitiu-me fazer o rastreamento de múltiplos objetos, sendo identificados com objetos com cores distintas. O protótipo permite o rastreamento em tempo real dos vários objetos na mesma imagem, quando movo um dos objetos em frente de outro, faz com que o padrão de um deles seja obstruído e esse objeto deixa de ser visto no ambiente virtual, como se pode verificar na Figura 4.4.

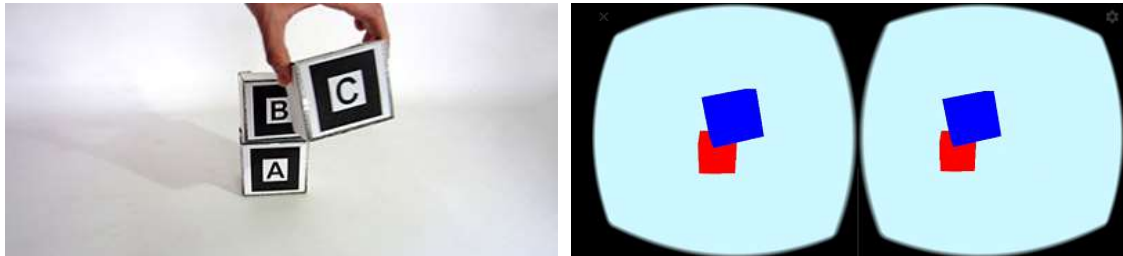


Figura 4.4 – Perda do rastreamento quando o padrão visual é obstruído.

A interação entre os objetos no ambiente virtual corresponde aos movimentos dos objetos reais quando o utilizador interage com eles, ou quando os objetos reagem entre si, criando um realismo durante a experiência. O problema do rastreamento dos padrões dos objetos reais, volta a ocorrer quando a minha mão tapa demasiado o padrão visual ao pegar no objeto real, porque se o computador deixar de conseguir reconhecer o padrão visual quase na sua totalidade, ou quando movo um objeto para a frente de um outro, obstruindo a visão da câmara com o objeto que está atrás.

Este primeiro protótipo permitiu identificar diversos problemas relativos ao rastreamento dos marcadores, a reação dos mesmos no meio virtual quando em contacto no mundo virtual, e experienciar o sentimento físico quando apenas vemos o objeto virtual.

Utilização de diferentes formas geométricas

No seguimento do protótipo com os três cubos, com este protótipo pretendo fazer o mesmo tipo de interação com os objetos, mas utilizando formas geométricas distintas de forma a fazer uma avaliação pessoal da imersividade e interesse quando em contacto físico com as geometrias, tal como demonstrado na Figura 4.5.

Dado como objetivo deste protótipo, fazer com que o utilizador tenha que manipular cada um dos objetos reais de forma a escolher a rotação e posição específica que corresponda à projeção pedida, irá permitir que o utilizador possa sentir curvaturas, arestas e faces distintas para concluir a tarefa.

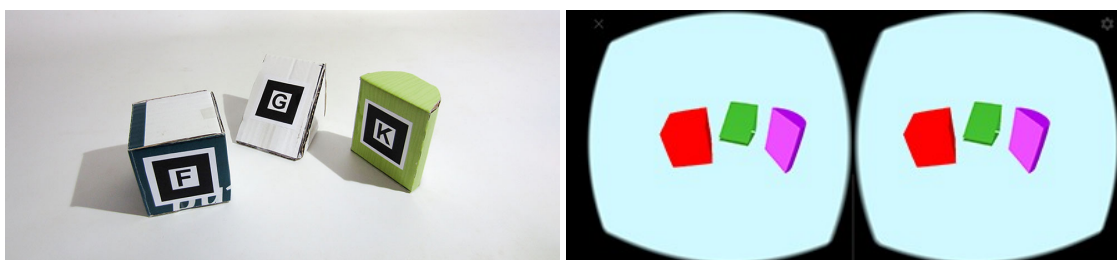


Figura 4.5 – Formas geométricas distintas para experiência tátil.

Para que a forma geométrica digital corresponda às dimensões da forma geométrica real, foram realizados cálculos matemáticos para determinar em unidades do A-Frame, os valores necessários para que essa correspondência fosse realista.

Por criar elementos que requereram alguma construção com formas primitivas, cada uma das formas foi construída utilizando os parâmetros entendidos pela biblioteca da *framework*, colocando a construção do seu código dentro do parâmetro que representa o marcador visual para cada objeto.

```

<!-- cubo --> <a-box color="red" width="1.85" height="1.85" depth="1.85"
position="0 -925 0"></a-box>

<!-- prisma --> <a-plane color="#318f22" width="1.7" height="2.4" rotation="90 0
0" position="0 0 0" side="double"></a-plane> <a-plane color="#318f22" width="1.7"
height="1.8" rotation="-40 0 0" position="0 -0.75 -0.7" side="double"></a-plane>
<a-plane color="#318f22" width="1.7" height="1.904" rotation="45 0 0" position="0
-0.76 0.65" side="double"></a-plane>

<!-- meio cilindro --> <a-cylinder color="#a400d6" theta-start="0" theta-
length="180" openEnded="true" height="2.2" radius="0.9" position="0 0 0"
rotation="180 90 90" side="double"></a-cylinder >
    
```

Com este protótipo pude verificar que é importante o pormenor das formas físicas dos objetos, relacionadas com as formas digitais, com que o utilizador irá interagir (Figura 4.6). Em particular se um objeto tiver faces curvas, tal como o meio cilindro, a sua curvatura provoca um resultado com movimento devido à gravidade quando é poitado numa superfície, que continuar a ser rastreado depois do utilizador deixar de lhe estar a tocar, e apresentado o resultado do movimento continua a ser visto no ambiente virtual, deste modo dando realismo ao ambiente da experiência para o utilizador.

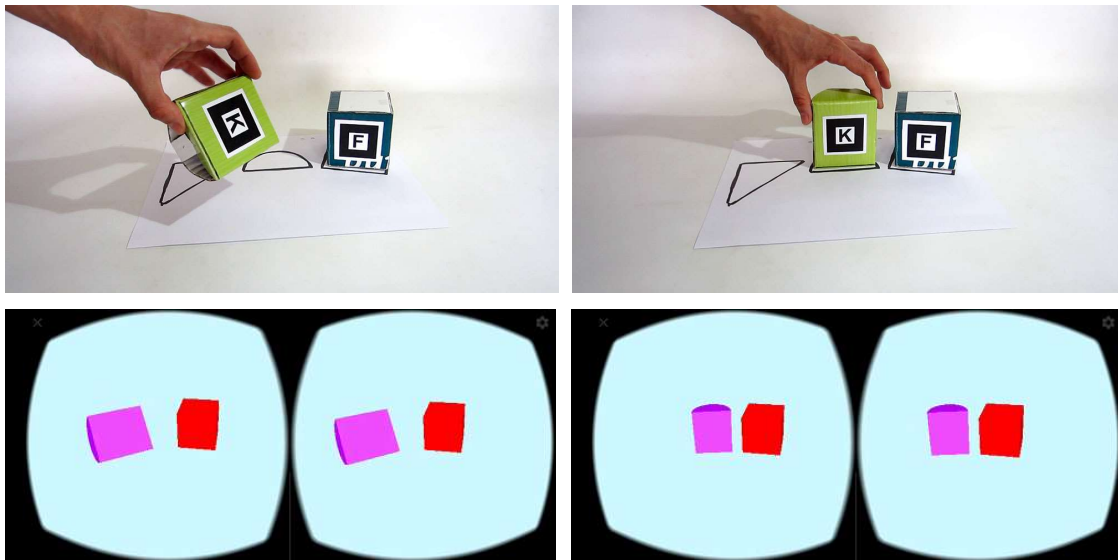


Figura 4.6 – Deslocamento e rotação de objeto para colocar na projeção correta.

Rastreamento de elevada quantidade de marcadores visuais para peças de xadrez

Com este protótipo, os marcadores visuais são aplicados a pequenos quadrados planos, que mostram peças diferentes no ambiente virtual para cada padrão rastreado. O objetivo é verificar a capacidade da tecnologia para rastrear muitos padrões na mesma imagem, de forma a verificar o limite e problemas quando usados uma elevada quantidade de padrões.

Também experimento com este protótipo, o recurso a modelos 3D, modelados num programa específico, trazendo assim formas mais complexas e pormenorizadas, tal como texturas e flexos que estas podem gerar, que poderão tornar a interação e experiência mais interessante para o utilizador. Os objetos modelados são “peças de xadrez”, que permitem uma variedade de elementos semelhantes, que requerem que o utilizador interaja com os objetos tangíveis passivos para realizar o objetivo para que os quais são destinados.

No primeiro teste foram aplicados seis padrões visuais a seis quadrados planos (Figura 4.7), de forma a verificar a capacidade de cada elemento ser manuseado pelo utilizador, e o resultado quando o conteúdo 3D é cruzado com os restantes.

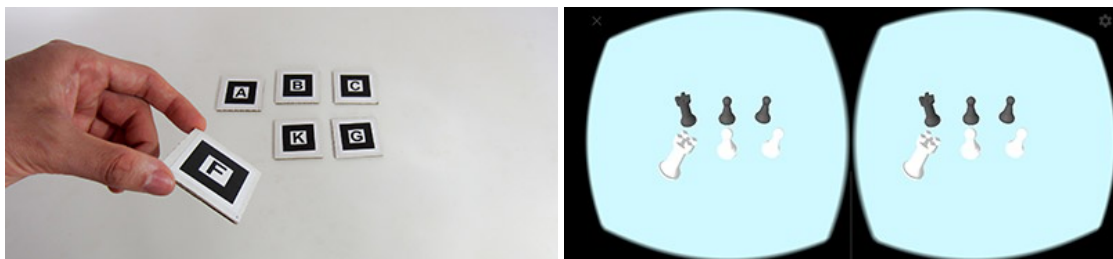


Figura 4.7 – Placas de cartão com marcadores visuais diferentes para pelas individuais.

A interação resulta em termos de visualização, permitindo que o utilizador só tenha que mover cada objeto físico para cima do objeto que pretende fazer desaparecer, que permite continuar a jogar o jogo. Como cada marcador visual permite mostrar cada elemento digital na perspetiva que está a ser visto, permite que este jogo seja jogado por múltiplas pessoas e assim cada um deles ver exatamente os mesmos elementos, mas na sua perspetiva.

O passo seguinte foi aumentar a quantidade de padrões utilizados, para um total de 32 padrões (Figura 4.8), que corresponde a todas as peças de um xadrez, sendo metade delas diferenciada peça cor para ambos os jogadores. Para a criação destes marcadores visuais, foram criados padrões personalizados distintos, seguindo dois caracteres, em que o primeiro carácter corresponde a um número e o segundo a uma letra. O número representa a cor da peça e a letra representa o tipo de peça, sendo o número “1” para as peças escuras, e o número “2” para as peças claras, enquanto das letras correspondem a tipo de peças do xadrez.

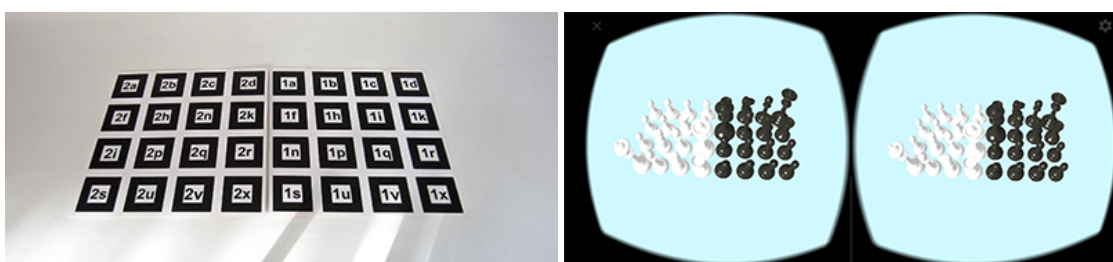


Figura 4.8 – 32 marcadores visuais para identificação de todas as peças do jogo.

A quantidade de marcadores visuais que é rastreada ao mesmo tempo, revela ser um problema, devido a que o pormenor dos marcadores não permite ser suficientemente distinto para o processamento da imagem consiga identificar corretamente todos os elementos. Por vezes a aplicação não consegue distinguir diversos padrões, não conseguindo apresentar os modelos 3D para cada marcador, ou colocando elementos digitais errados sobre um determinado marcador por este ter um padrão semelhante.

Na programação para que possa ler os modelos 3D criados, necessitei de utilizar uma etiqueta "a-obj-model" que identifica que irá utilizar um modelo 3D, identificando com a etiqueta "src" para localizar o ficheiro que contém o objeto e a etiqueta "mtl" que identifica o ficheiro com os materiais desse modelo. Através da etiqueta "scale" indico o comando para que a escala seja 1 unidade em cada um dos eixos, colocando assim o objeto com a largura do marcador visual e sem distorção.

```
<a-obj-model src="rei.obj" mtl="rei.mtl" scale="1 1 1"></a-obj-model>
```

Concluo com este protótipo que uma elevada quantidade de marcadores utilizados na mesma aplicação é um problema para uma experiência sem erros ou interrupções, o mesmo acontece se os marcadores não forem suficientemente distintos para que o processamento da imagem não seja apresentado com erros. Devido às finas placas onde os marcadores visuais foram aplicados, torna difícil o manuseamento dos objetos tangíveis sem que o utilizador obstrua os marcadores visuais, deixando de ver o elemento digital que é necessário ver para corresponder com a ação correta. Mas a capacidade de utilização de diferentes modelos 3D que o utilizador pode escolher, ou alterar a cor dos modelos das peças do jogador, tal como demonstrado na Figura 4.9, demonstra ser um aspeto que levaria o utilizador a utilizar este sistema para este tipo de jogo.

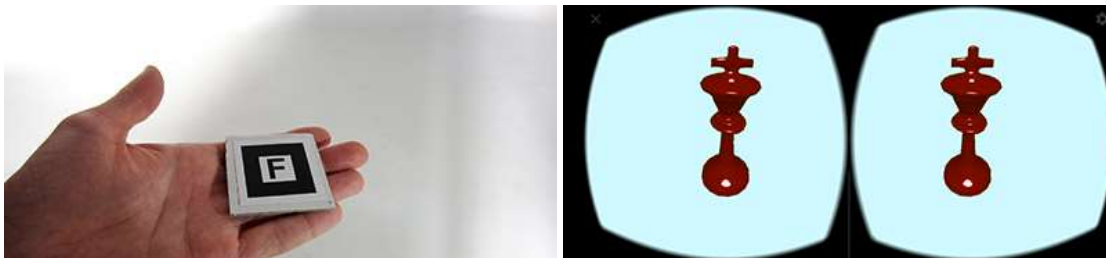


Figura 4.9 – Visualização da peça “Rei” utilizando um modelo 3D com textura vermelha.

Protótipo #2 – Livro de geométricas e cores

Liberdade de rotação de forma mecânica do suporte tangível

Utilizando o conceito de aplicar os padrões a superfícies planas que o utilizador pode mover para explorar o elemento virtual, agreguei várias placas com a mesma forma, presas por fios num dos lados, para que este protótipo se pudesse comportar como um “livro”. O protótipo utiliza 3 superfícies planas, com um marcador visual aplicado a ambos os lados de cada uma das placas, permitindo que o utilizador pudesse aplicar uma rotação de 180° a cada uma delas, revelando um novo marcador quando estas têm uma rotação superior a 90° aproximadamente.

O efeito criado permite que o utilizador possa optar por explorar os vários conteúdos (Figura 4.10) através de uma forma tangível, que o auxilia no posicionamento para leitura dos conteúdos de texto, mas também nos conteúdos 3D demonstrados. No exemplo demonstrado os conteúdos apresentados referem-se a um livro educacional sobre formas geométricas, apresentado os textos sobre cada forma em português e inglês, ao mesmo tempo que é apresentada a forma geométricas em três dimensões sobre a superfície da página.

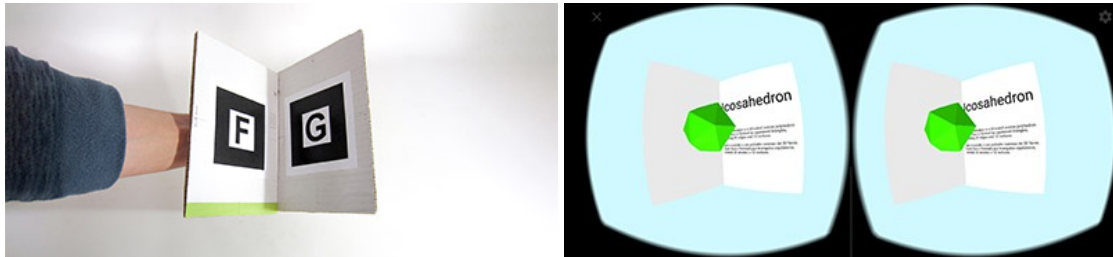


Figura 4.10 – Páginas de cartão com marcadores visuais aplicados no centro, com rotação das páginas para revelar os conteúdos multimédia.

O resultado do protótipo é positivo, visto que permite que um suporte físico leve, permite que o utilizador possa utilizar o protótipo como forma de aprendizagem em termos de leitura, mas também em termos de visualização dos respetivos conteúdos.

Utilizando uma aplicação diferente, recorrendo ao mesmo suporte físico, demonstro através de um “novo livro” a possibilidade de utilizar o mesmo suporte, mas com conteúdos diferentes (Figura 4.11), demonstrando neste caso a possibilidade de conhecer informação sobre “cores”, recorrendo ao texto e à respetiva com que preenche a página.



Figura 4.11 – Utilização do mesmo suporte físico para apresentar conteúdos de outro tema.

Com este protótipo é demonstrado a capacidade de criação de mecanismos com os suportes físicos dos marcadores, que permite o movimento de rotação dos mesmos em torno de um eixo, e assim escolher a visualização de marcadores visuais distintos, mantendo sempre a visualização de conteúdos digitais mesmo com a rotação completa do suporte, tanto nas páginas individuais como em todo o protótipo. Comprovo assim que esta ligação entre diversos suportes físicos, permite uma interação natural pelo utilizador, e reação resultante da física dos objetos torna realista a interação e com o mesmo. Também demonstro a capacidade de utilizar um suporte físico único, que de forma versátil poderá ser utilizado para mostrar diferentes conteúdos, sendo somente necessário a escolha da aplicação que irá ser usada para o processamento dos padrões visuais do protótipo.

Protótipo #3 – Garrafa sem obstrução

Posicionamento externo do marcador visual

Com este protótipo pretendo explorar uma possível solução para resolver o problema de quando o padrão visual é obstruído ao manusear o objeto, porque quando o padrão visual é tapado e a câmara deixa de ter uma visão completa do marcador visual para fazer o rastreamento do mesmo, o elemento digital deixa de ser mostrado no ambiente virtual.

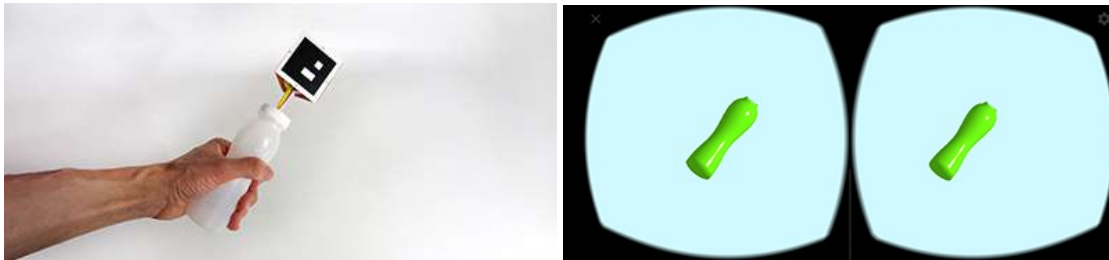


Figura 4.12 – Protótipo de uma "Garrafa" com marcadores visuais externos.

De modo a que o utilizador possa pegar no objeto tangível de qualquer forma e em qualquer posição, apliquei o marcador visual numa posição externa do objeto (Figura 4.12). Esta posição é aplicada no eixo de centro de massa do objeto, numa posição que não é suposto o utilizador tentar pegar, porque virtualmente nada existe nessa posição. Desta forma o utilizador pode pegar em todas as partes da garrafa, sentindo as diferentes curvaturas sem nunca tapar o padrão visual com a mão.

O modelo digital foi modelado em 3D com as mesmas proporções e curvaturas do objeto real (Figura 4.13), para que a geometria sentida fisicamente pelo utilizador correspondesse à geometria visualizada durante a interação.

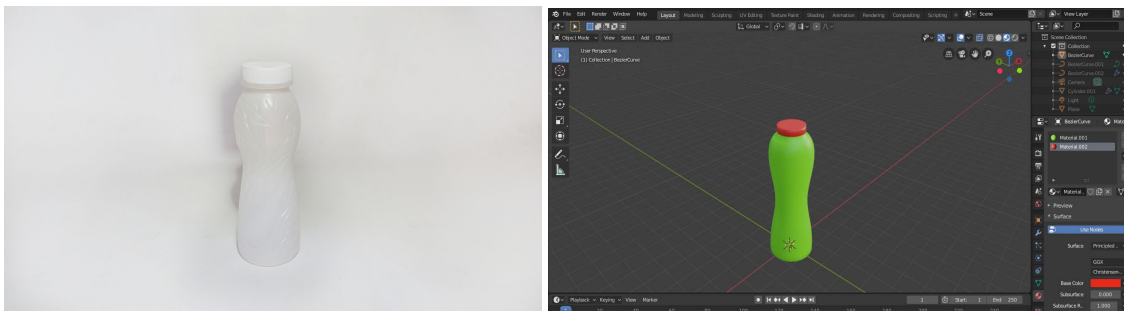


Figura 4.13 - Modelação 3D da forma da garrafa.

Os marcadores visuais foram dispostos numa estrutura triangular, sendo aplicados 3 marcadores visuais, de forma a que o objeto físico possa também ser rodado, mantendo sempre a identificação e rastreamento de pelo menos um marcador visual para ser apresentado o elemento no ambiente virtual. Conclui que este processo resulta, permitindo que o objeto possa ser rotado nos três eixos, onde só em pequenos intervalos de posições, os marcadores não permitem ser vistos idealmente pela câmara.

Protótipo #4 – Blocos para usar e pisar

Mover os objetos no espaço para utiliza-los como plataformas

Continuando a explorar o posicionamento relativo de marcadores aos objetos tangíveis, pretendo tirar partido desse aspeto de forma a poder utilizar um objeto, cuja utilização obriga a que este seja tapado para ser usado. Aplicando os marcadores visuais a blocos com uma forma geométrica de um paralelepípedo, que estarão colocados no espaço da sala onde serão usados, o objetivo deste protótipo é levar o utilizador a procurar os objetos no espaço, pegado em cada um deles para os colocar no chão como uma série de plataformas, para que possa caminhar sobre eles.

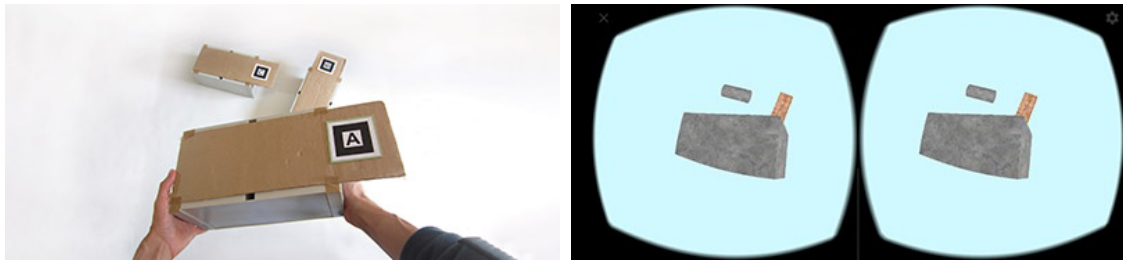


Figura 4.14 - Blocos com marcadores visuais que representam um forma e textura diferente.

O facto deste protótipo ter o marcador visual numa posição externa à superfície que o utilizador irá interagir (Figura 4.14), este poderá colocar o pé sobre cada um dos objetos, sem obstruir a visualização do padrão visual necessário para o rastreamento do conteúdo digital, assim não perdendo a visualização dos elementos no ambiente virtual.

Devido à perspetiva ter um efeito de distorção no ambiente virtual, afetando a perspetiva de distância a que os objetos estão do utilizador, implementei na aplicação 2 novos marcadores visuais que são colocados nos pés do utilizador, para que este possa identificar a posição de cada um dos seus pés (Figura 4.15), e assim ter uma melhor visão do contacto entre o pé e o bloco quando estiver a ver em RV.

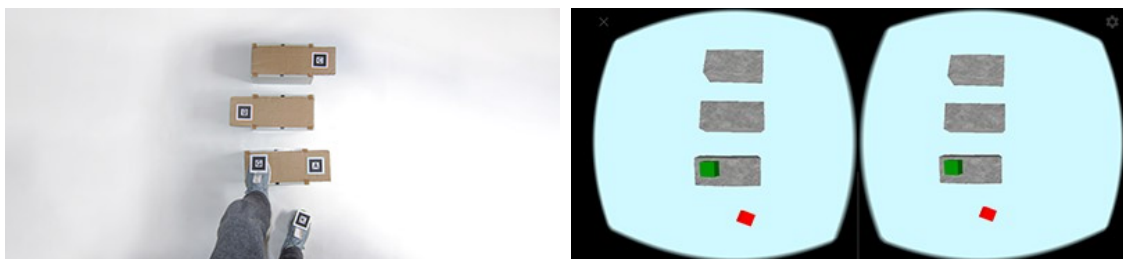


Figura 4.15 – Identificação dos pés do utilizador para contacto com os blocos.

Comprovo com este protótipo, tal como no anterior, que a aplicação de marcadores visuais num posicionamento externo ao objeto real, permite que este tenha um rastreamento mais contínuo sem falhas. A utilização de elementos digitais adicionais para identificação de partes do corpo importantes para a experiência, é essencial para este tipo de interação, embora necessitasse de ter mais pormenor como identificação da parte do corpo. Apesar de demonstrar outra forma de contato com objetos no espaço, utilizando as mãos e os pés, este conceito é mais virado para aplicações de entretenimento ou experiência, e não traz grande interesse para interação com o sistema.

Identifico que devido à distância dos marcadores visuais da posição da câmara, existe o problema do constante rastreamento dos padrões, perdendo constantemente a visualização dos elementos digitais no ambiente virtual, mas mesmo que estes sejam identificados existe uma elevada instabilidade na apresentação dos mesmos devido ao baixo detalhe captado pela câmara do dispositivo.

Protótipo #5 – Modelo de torre com pormenores

Pormenores físicos e virtuais em objeto tangível

Com este protótipo pretendo adicionar algum detalhe físico ao objeto através de pormenores que poderão ser sentidos através do tato. Estes pormenores são construídos representando um gradeamento em volta da parte superior da torre, zonas de janelas e telhado, onde as mesmas estruturas são representadas no modelo 3D visualizado no ambiente virtual (Figura 4.16). Com esta relação entre o real e o virtual, que apresenta relevos específicos na construção, pretendo verificar a importância e interesse que pequenos pormenores tangíveis podem trazer na experiência de interação com os modelos

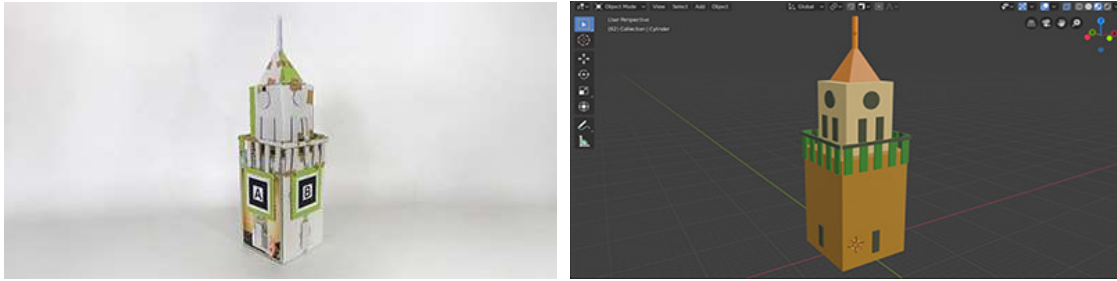


Figura 4.16 – Protótipo real e modelação 3D de uma torre com detalhes.

Nesta forma que pode ser resumida a dois paralelepípedos e um prisma, foram aplicados quatro marcados visuais em cada uma das faces, de forma a que o mesmo modelo tridimensional fosse apresentado no ambiente virtual, para o utilizador nunca perder a visualização do elemento digital (Figura 4.17).

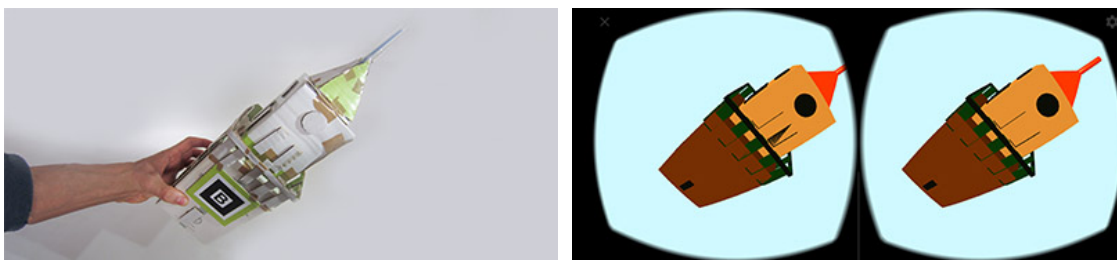


Figura 4.17 – Protótipo de uma “torre com pormenores”.

Apesar da disposição dos marcadores visuais apresentar com estabilidade o modelo digital com relativa estabilidade em praticamente qualquer posição e rotação com que é manuseado, em que o elemento digital coincide com a forma real, permite explorar o modelo de forma interessante em todas as suas perspetivas, tanto perto como longe da posição da câmara. Mas concludo que estes pormenores num objeto não trazem interesse na experiência tátil. O facto de o utilizador não ter uma representação das mãos, e especificamente os dedos, no ambiente virtual, é uma característica importante que contribui para que este aspeto não revele interesse nesta fase da prototipagem.

Protótipo #6 – Cubo multifaces

Escolha dos conteúdos conforme a face visualizada

Com este protótipo pretendo aplicar marcadores visuais a cada uma das faces do cubo, que têm um padrão diferente para cada uma. Desta forma pretendo explorar duas características da interação: (1) completa rotação e manuseamento do objeto sem perder a visualização do elemento virtual porque existe pelo menos um marcador sempre visível pela câmara, (2) a interação com o objeto tangível irá apresentar um conteúdo digital diferente consoante o lado do objeto que é posicionado pelo o utilizador.

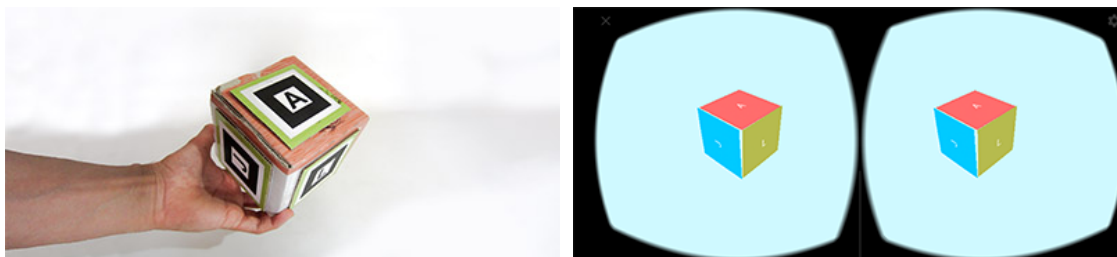


Figura 4.18 – Protótipo “Cubo multifaces” que mostra um conteúdo em cada face detetada.

Apesar deste protótipo ter uma interação muito limitada, demonstra a capacidade de utilizar um objeto com múltiplos marcadores (Figura 4.18) que um conteúdo digital seja sempre apresentado no ambiente virtual, mas também a interação pelo utilizador através da movimentação de um objeto físico, que pode segurar, colocar no espaço, ou utilizar para apresentar diferentes conteúdos digitais conforme a posição escolhida para o objeto.

Protótipo #7 – Chave para leitor

Posicionamento dos objetos altera estado do sistema

Do tipo do protótipo “Blocos para usar”, este protótipo também tem o objetivo de o utilizador procurar os objetos distribuídos no espaço através do reconhecimento dos marcadores visuais colocados nos objetos, para fazer uso deles, mas neste protótipo tem uma finalidade contrária que premirá fazer alterações no sistema. O funcionamento deste protótipo é composto por 6 objetos com marcadores visuais (Figura 4.19), 3 que correspondem aos leitores e os restantes 3 que correspondem a cada uma das chaves, em que o utilizador terá que mover cada “chave” para o leitor correspondente, e essa correspondência é identificada através de cores, a chave e o leitor utilizam a mesma cor.

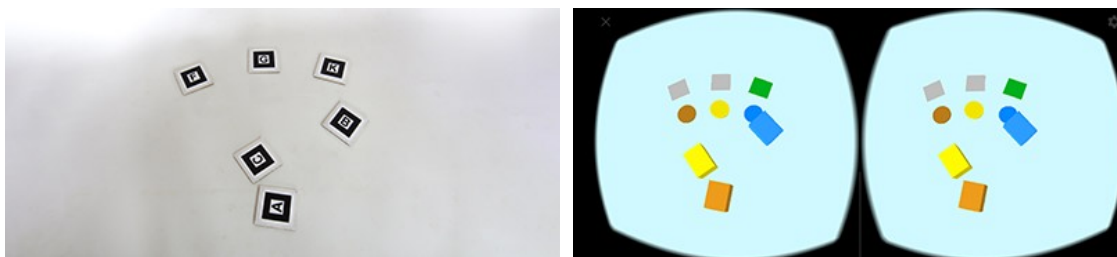


Figura 4.19 – Protótipo para associar marcadores conforme o conteúdo digital.

Quando o utilizador move o objeto para a área do leitor correto, o sistema muda a cor do leitor para identificar se a correspondência está correta ou errada, representado se a chave irá abrir ou não o sistema. Sendo um protótipo com uma finalidade simples, demonstro com este protótipo a capacidade de utilização de tangíveis passivos distribuídos no espaço, que através das decisões do utilizador, permitem uma interação com o sistema.

Protótipo #8 – Torre com porta

Interação reconhecível que revela conteúdos

Com este protótipo pretendo combinar 2 características anteriormente prototipadas, a capacidade de criar um objeto tangível que ligando várias partes permite um funcionamento de forma mecânica, e capacidade de utilizar modelos 3D quando um determinado marcador visual é revelado pelas ações do utilizador.

Para demonstrar a combinações destes dois conceitos, foi criada uma “torre” com uma “porta”, sendo que a placa que simula a “porta” está ligada numa das arestas do paralelepípedo que simula a “torre”, permite que esta revele o marcador visual no seu interior, e assim revelar o interior da torre (Figura 4.20). Para o desenvolvimento deste protótipo foram utilizados 4 marcadores visuais, 2 que permite a visualização do elemento virtual quando este está fechado, e os outros 2 que permitem a visualização quando está aberto, devido aos 2 marcadores anteriormente referidos deixarem de estar visíveis quando a placa tem uma rotação maior que 90º se o utilizador estiver a observar de frente.

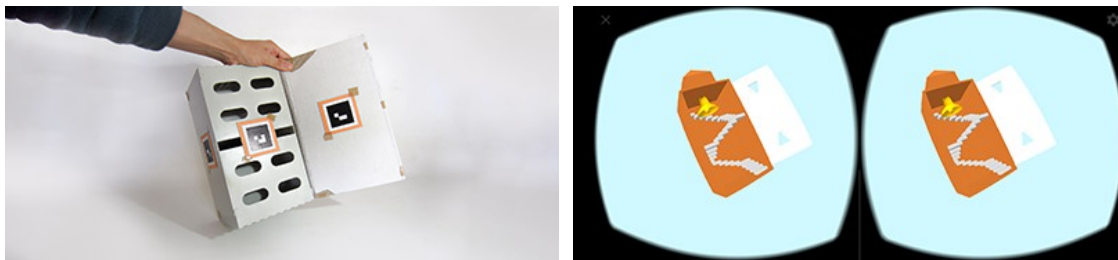


Figura 4.20 – Protótipo com uma “porta” para abrir.

Utilizando um modelo 3D (Figura 4.21) para mostrar a estrutura da torre, permite que este seja rastreado tendo como referência o padrão visual nas faces do paralelepípedo, tanto na face lateral como na face frontal, mostrando o modelo da torre em cada uma das perspetivas. Sendo que o utilizador necessita de olhar para a torre para observar o seu “interior”, o marcador visual é colocado no centro da face da forma real, de modo a que a câmara capte essa zona, mas também permitir uma melhor estabilidade quando o modelo digital é apresentado no ambiente virtual.

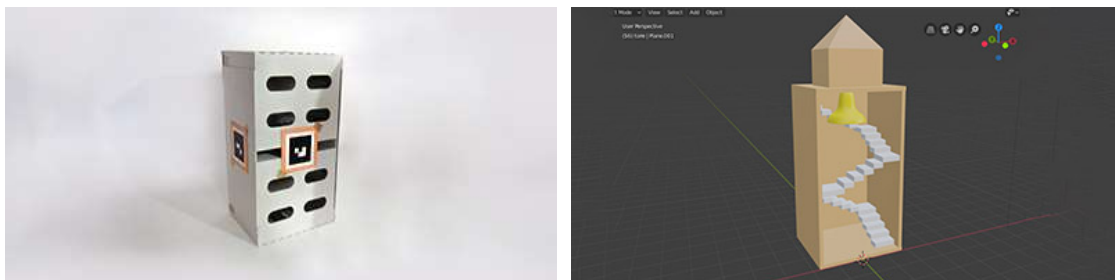


Figura 4.21 – Modelo 3D da torre com pormenores no interior.

Foram desenvolvidos alguns modelos 3D para este protótipo, aumentando a complexidade e o detalhe dos desenhos, mas devido ao processamento dos modelos 3D no formato usado (.obj), quando é utilizado um modelo com formas que não são primitivas e contém modelações mais arredondadas e curvas, provoca a que o modelo visualizado no ambiente virtual seja apresentado com “*wireframes*” (Figura 4.22). Não tendo sido esta a finalidade do modelo 3D, considero interessante o efeito criado para exploração de estruturas de arquitetura, permitindo ver uma estrutura completa “através de paredes”.

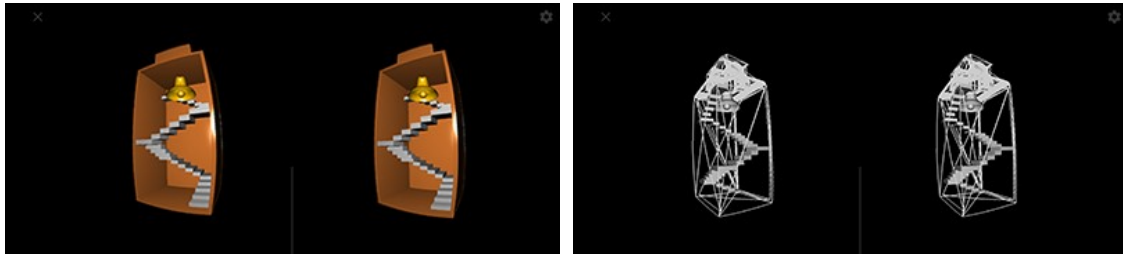


Figura 4.22 – Modelos da torre sólida e com *wireframes*.

Apesar das limitações que o formato utilizado permite, verifico que a possibilidade de permitir ao utilizador uma interação de “abrir” fisicamente um tangível passivo, de forma a revelar conteúdo adicional que de seguida pode ser explorado, é um resultado muito positivo deste teste, que não só funciona como considero ser interessante.

Protótipo #9 – Cubos com pesos

Neste protótipo volto a utilizar os tangíveis demonstrados no protótipo #1 com os três cubos, mas dando uma nova dimensão da experiência através do peso real que cada um dos objetos representa. Utilizando texturas reais atribuídas a cada uma das formas geométricas visualizadas, permite que o utilizador possa identificar cada um dos materiais (Figura 4.23), que no interior dos mesmos foram colocados pesos de forma a corresponder à massa correspondente a cada um dos volumes dos objetos.



Figura 4.23 – Utilização de 3 protótipos representados por diferentes texturas.

Isto permite uma nova perspetiva de interação em ambientes de realidade virtual através do “peso”, que tradicionalmente não é possível nos sistemas atuais. Através da forma, peso e modelo tridimensional, torna possível que a experiência do utilizador seja realista, que de forma cognitiva do conhecimento de experiências no real, torna natural esta experiência, tornando-a assim háptica e imersiva.

Foram aplicados marcadores visuais em dois lados dos objetos de forma cúbica, de forma a que o objeto tangível pudesse ser rodado em 360° nos três eixos (X Y Z), em que ao fazer uma rotação constante, uma das duas faces está quase sempre visível, assim reduzindo o número de marcadores necessários como demonstrado no protótipo #6. Os dois padrões impressos

em cada um dos objetos são repetidos, porque na posição em que foram aplicados nunca são visualizados em simultâneo, mas ao mesmo tempo permite manter uma visualização permanente de pelo menos um marcador visual para o seu rastreamento. A quebra no rastreamento apenas acontece quando a mão do utilizador tapa o padrão, ou se o utilizador posicionar o objeto com uma das faces que não tenha o marcador visual, perpendicular à direção da câmara.



Figura 4.24 – Utilização de 3 protótipos construídos com matérias de diferentes pesos.

O resultado desta experiência é muito positivo, conjugando a forma geométrica real com a mesma proporção da forma geométrica digital, com o peso esperado da textura nelas aplicadas, permite que o utilizador possa tocar nos objetos e sentir o seu peso real, assim abrindo novas possibilidades de aplicações que poderiam tirar partido deste tipo de sistemas de interação em ambientes virtuais.

Protótipo #10 – Torre com sino

Interação com marcador visual dinâmico

Conjugando os conhecimentos adquiridos com os protótipos #2, #8 e #9, neste protótipo crio uma nova versão de uma torre que tem um mecanismo que aplica uma rotação num eixo de forma a “abrir” o protótipo, revelando novos marcadores. Mas trazendo a dimensão de peso verificada no protótipo #9, o peso neste caso é aplicado como um pêndulo no interior da estrutura, criando uma sensação háptica de um centro de massa dinâmico.

Quando o protótipo se encontra “fechado” (Figura 4.25), existem dois marcadores visuais na frente da estrutura, em que a visão por computador faz o rastreamento dos padrões para mostrar as duas partes juntas, com a indicação que poderão ser abertas. Ao fazer a abertura das duas partes (Figura 4.26), três novos marcadores no interior são revelados, que no mesmo movimento oculta os marcadores visuais exteriores. Dois dos marcadores visuais nas faces interiores da estrutura mostram as duas partes dos modelos 3D na sua perspetiva interior, numa das partes mostra uma secção de estacas, na outra parte a zona do sino.

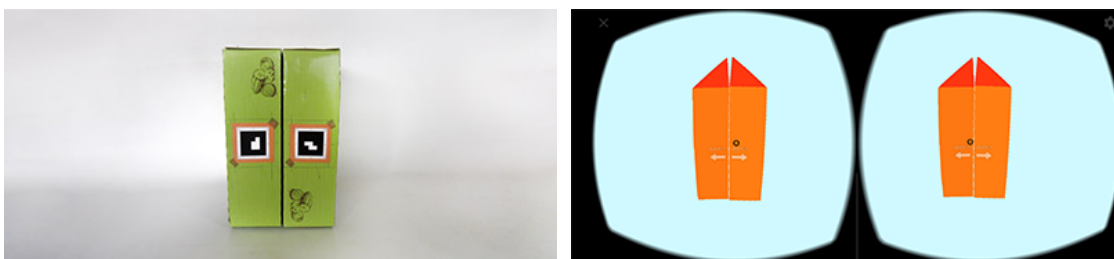


Figura 4.25 – Protótipo de torre fechado.

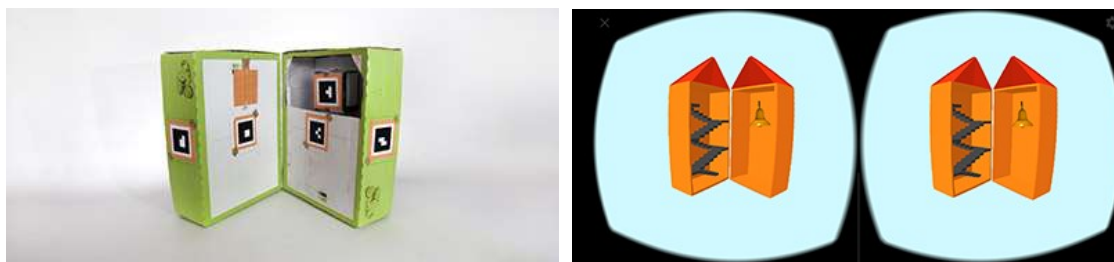


Figura 4.26 – Protótipo de torre aberto.

O sino é representado pelo seu próprio marcador visual (Figura 4.27), que é aplicado numa forma cúbica com aproximadamente 500g de peso, pendurado no topo da estrutura. A aplicação do marcador visual desta forma, permite que o movimento da física ao mover toda a estrutura, permite um movimento dinâmico do padrão que representa o sino através de um modelo 3D específico. Tendo esta componente, o seu peso próprio, torna que o centro de massa de toda a estrutura é centrado nesse elemento, que transmite no ambiente virtual a sensação de que um objeto de ferro muito pesado, criar uma experiência realista visual e sensorial com os conteúdos tridimensionais utilizados.

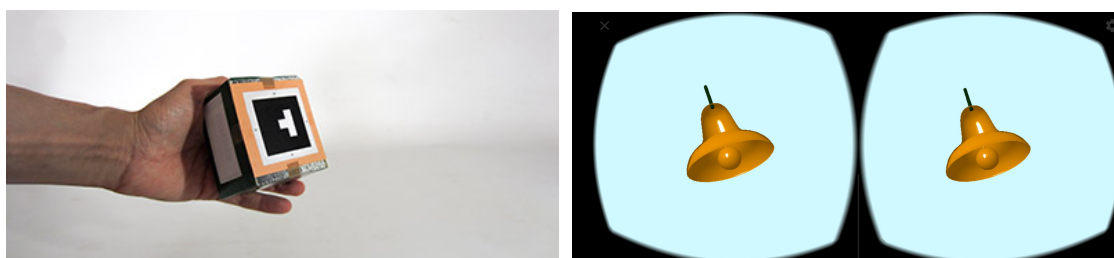


Figura 4.27 – Protótipo que represente o sino “dinâmico”.

Para além na manipulação possível do protótipo, que pode ser aberto para ser explorado o seu interior, e a componente física que afeta o movimento do conteúdo digital, acrescente a este teste também uma forma de interação que permite ativar um conteúdo multimédia no ambiente virtual, utilizando o som. Quando o utilizador, depois de abrir a estrutura para visualizar o marcador do sino, quando olha diretamente para a o modelo 3D do sino com o cursor disponível no ambiente virtual, é reproduzido o som de uma batida num sino real, e sempre que esta ação for realizada, o sino volta a ser tocado.

A primeira experiência para a visualização do marcador visual do sino, foi feita com a sua posição aplicada num plano e seguro por um fio, como pode ser visto no interior do lado esquerdo da estrutura, mas esta forma não permitia grande dinâmica no movimento devido ao atrito existente entre as duas superfícies quando a estrutura era segurada na posição mais confortável, verificando essa situação, foi elaborada a segunda versão aplicada a uma forma tridimensional, tal como apresentada.



Figura 4.28 – Protótipo da torre aberto para revelar o conteúdo do “interior”.

O resultado da experiência tem aspetos positivos e negativos. Como aspetos positivos, este método de funcionamento do protótipo permite um maior interesse na interação e apresentação dos conteúdos digitais. A capacidade de abrir uma estrutura tangível para permitir a exploração dos conteúdos digitais, tal como demonstrado na Figura 4.28, permite explorar áreas em que o interesse pode ser educativo ou de entretenimento, tirando partido da capacidade de recorrer a diversos conteúdos multimédia. A interação permitida pelo utilizador no ambiente virtual para além da manipulação tangível que o utilizador tem liberdade, permite que estes possam ter diferentes experiências com o mesmo protótipo, em que cada ao utilizador decidir como observar os elementos, mas também que conteúdos pode ativar para enriquecer a experiência virtual. Por último, o teste de aplicar um marcador visual a uma estrutura não fixa na estrutura tangível nem no espaço, permite que o realismo da experiência de interação seja mais realista, devido a que as forças da gravidade sobre o elemento são reproduzidas no elemento virtual. O aspeto negativo que tiro deste protótipo, é a instabilidade da apresentação dos elementos digitais no ambiente virtual, porque devido aos marcadores pequenos com um padrão reduzido em relação ao elemento 3D associado, faz com que este seja muito instável como se estivesse sempre a tremer. Isto deve-se a que o rastreamento do padrão é feito numa pequena área, que a qualidade da câmara não tendo uma elevada definição para que o rastreamento da perspetiva, não permite uma identificação precisa dos padrões. Também a intensidade de iluminação do padrão afeta a qualidade do rastreamento, porque permite à câmara capturar a diferença entre as cores, para que o sistema o computador possa identificar com precisão as linhas dos padrões.

Protótipo #11 – Placa multimédia

Suporte único com variedade de conteúdos

Pretende-se com este protótipo é criar um suporte simples que o utilizador necessita de pegar para observar os conteúdos. O objetivo foi criar uma placa de fácil produção, que poderia estar colocada numa parede ou numa mesa, e cada utilizador poderia pegar para consumir e interagir com os conteúdos disponíveis. Através de uma placa de vidro com um único marcador (Figura 4.29), a aplicação apresenta 4 tipos de conteúdos que o utilizador só necessita de direcionar o olhar ou mover a placa. A simplicidade do suporte tangível torna este protótipo de fácil utilização, que não requer qualquer explicação ao utilizador como interagir com o suporte, por ser intuitivo.

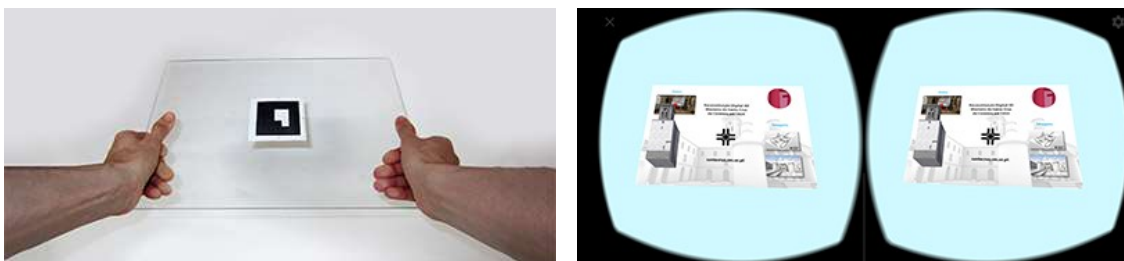


Figura 4.29 – Placa multimédia com um marcador de referência para todos os conteúdos.

Como experiência para este protótipo, foram trabalhados 4 tipos de conteúdos multimédia como: vídeos, forma tridimensional, imagens e uma hiperligação para um ambiente 360º de um local relativo ao tema. O resultado deste protótipo é considerado positivo devido a ser um protótipo de muito fácil produção, com a capacidade de oferecer vários tipos de conteúdos, e sem a necessidade de ensinar aos utilizadores como utilizar, de fácil utilização para qualquer idade.

Protótipo #12 – Controlo deslizante

Interação com o sistema através da geração de padrões

Este protótipo tem a finalidade de desenvolver um mecanismo para interação com o sistema através de um controlo, cujo utilizador manipula para mudar estados do sistema. O mecanismo desenvolvido funciona como um controlo deslizante (*slider*) (Figura 4.31), em que a criação do padrão depende da posição em que a fita é colocada. Criando um padrão reconhecido pelo sistema com a captação da imagem da câmara, torna possível a interação ou alteração do sistema com a ação física do utilizador.

O protótipo para a prova de conceito, primeiro foi desenvolvida digitalmente para aferir a viabilidade do reconhecimento dos padrões que permitem ser gerados. O mecanismo é constituído por duas partes, o marcador com um recorte que tem parte do padrão (Figura 4.30 a), e uma fita que na vertical apresenta as diferentes partes das combinações de três blocos brancos e pretos (Figura 4.30 b). Esta combinação permite 8 desenhos diferentes, em que conjugados com o restante padrão, permite gerar 8 padrões existentes na matriz 3x3 (matrixCodeType: 3x3) da biblioteca utilizada (aframe-ar.js).

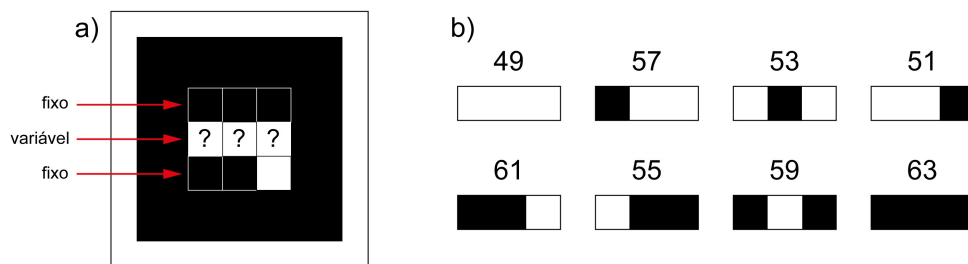


Figura 4.30 – a) Recorte de marcador para padrão, b) possíveis combinações com os blocos.

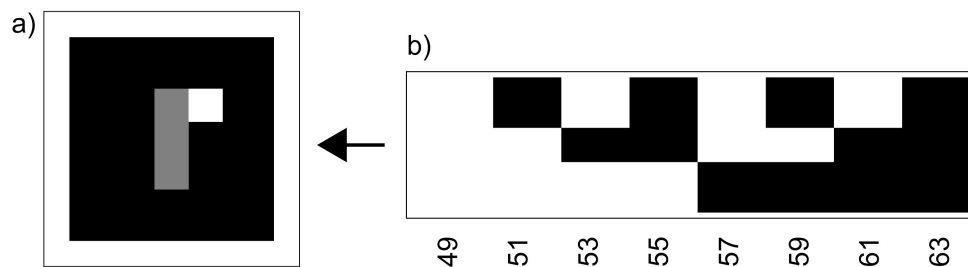


Figura 4.31 – a) Marcador com o padrão e zona variável, b) fita com sequência de combinação de padrões.

Com os dois elementos desenvolvidos em imagem, foi desenvolvida uma aplicação em Processing que permite com o movimento vertical do rato. Ao mover a fita de combinações numa *layer* inferior ao marcador que contém parte do padrão, permite gerar de forma digital num ecrã de computador as várias combinações de padrões possíveis. Como representa a Figura 4.32, o padrão gerado com o movimento da fita de combinações, permite que a aplicação de RA/RA faça o reconhecimento de um padrão a que está associado um cubo laranja, mas quando a fita é movida para outra posição que gera um padrão diferente, este faz a combinação de um padrão diferente que mostra um cubo azul escuro, permitindo ao sistema identificar estados diferentes.

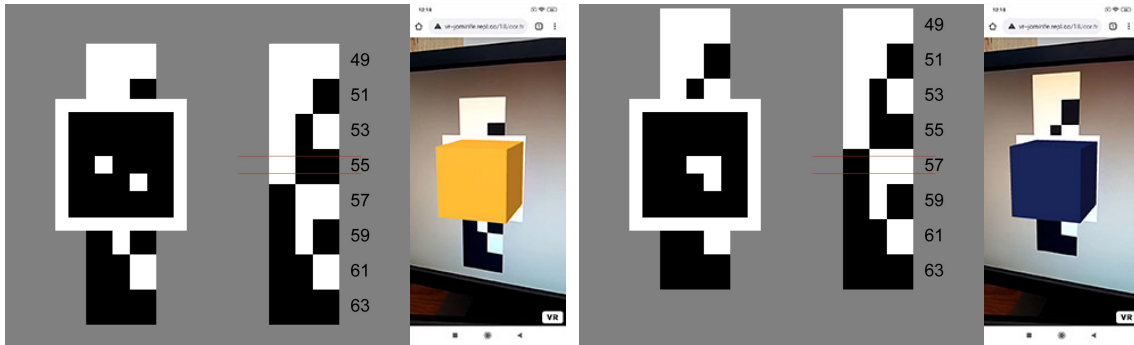


Figura 4.32 – Dois estados do reconhecimento dos padrões gerados com a aplicação Processing.

Os resultados obtidos foram positivos, demonstrando que a criação de padrões através de múltiplas camadas através de uma delas que é deslizante, funciona digitalmente. Mas devido a uma construção física poder ter margens de erro, foram feitos alguns testes digitalmente de forma aplicar a fita em posição não perfeitas e mesmo aplicar rotações exageradas para testar os limites (Figura 4.33). Os resultados dos testes foram positivos, demonstrando que mesmo em casos com enormes erros de alinhamento acentuados, o padrão matrixCodeType 3x3 procura sempre o padrão mais aproximado de todos os que estão na base de dados da livreria, portanto mesmo que um padrão não seja ideal, o sistema reconhece sempre como o padrão mais próximo, conforme demonstrado na Figura 4.33.

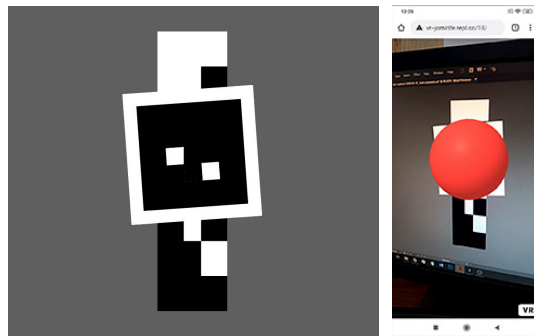


Figura 4.33 – Rotação de partes de padrão para verificar limites de erro.

A construção física seguiu o mesmo procedimento do desenvolvimento digital, foi construído o marcador com parte do padrão recortado, colado numa placa dura com espaço suficiente para o deslizamento da fita, e foi criada a fita com 6 dos padrões possíveis (Figura 4.34). Os padrões na fita foram desenhados com mais largura nos blocos externos, para preencher qualquer margem de erro lateral durante o deslizamento no mecanismo, e a altura do desenho dos blocos tinha duas vezes o tamanho do bloco necessário, para permitir mais espaço de deslizamento da fita, mantendo assim visível o padrão para o reconhecimento.

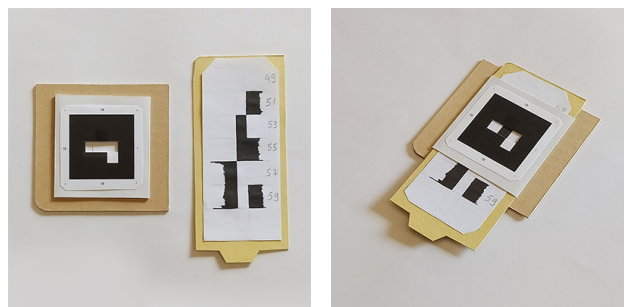


Figura 4.34 – Construção do mecanismo deslizante para gerar padrão variável.

Os resultados do teste com o mecanismo real também foram positivos, permitindo ao sistema fazer o reconhecimento de todos os padrões sem problemas. Foram criadas três aplicações para a demonstração deste sistema de criar padrões variáveis: mudar a forma geométrica visualizada, alterar cor de um cubo, e alterar o tamanho de um cubo, tal como pode visualizar nos exemplos demonstrados na Figura 4.35.

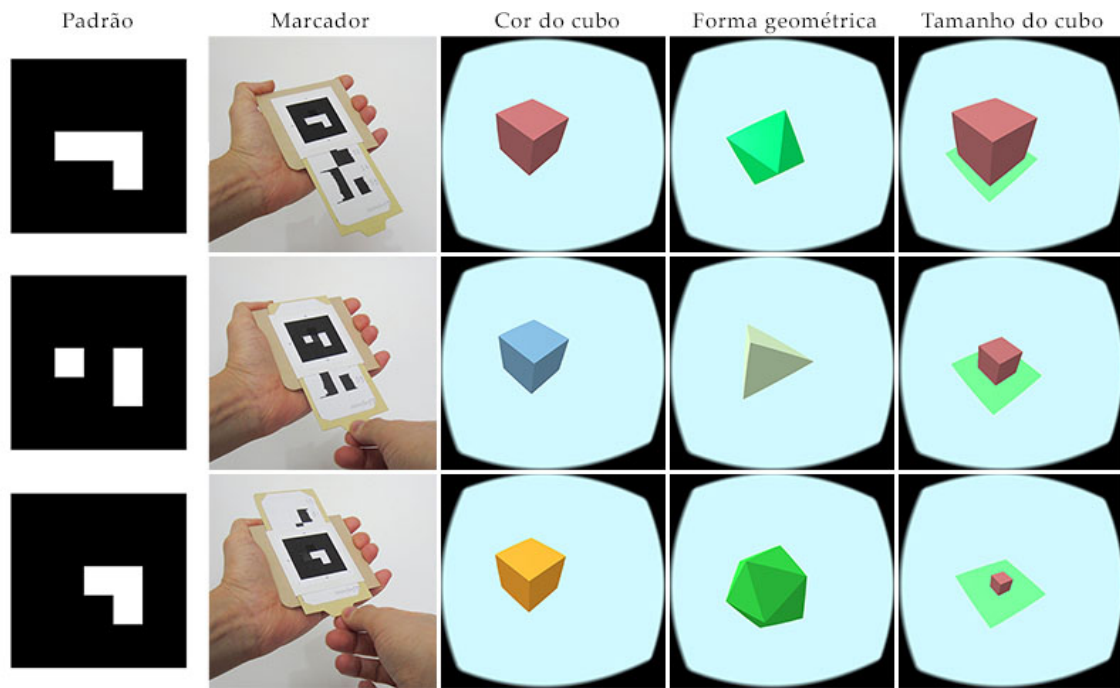


Figura 4.35 – Alteração de elementos em diversos sistemas, utilizando o controlador deslizante para geração de 3 padrões diferentes.

O resultado do mecanismo criado, é um controlo deslizante que permite ao utilizador em RV interagir com o sistema se este entender diferentes estados dependente do padrão visualizado. Esta forma de interação pode permitir aos utilizadores em ambientes virtuais, interagir com o sistema de forma tangível, alterando estados previamente definidos, com o sem *feedback*. Este mecanismo e forma de interação poderá permitir a um utilizador: alterar conteúdos, volume, ambientes, cores, tamanho, posição, etc., cabe ao desenvolvedor definir quantos estados pretende e o que cada um faz, estando apenas limitado ao tamanho do padrão ou espaço disponíveis para aplicar o mecanismo no suporte tangível.

Geração de padrões como forma de interação

Utilizando a capacidade de gerar padrões conforme o movimento físico de um objeto, foi criada uma aplicação que recorre a esta interação para manipulação do volume do sistema. Para criar o limite superior e inferior do mecanismo, foi colocado uma parte que mantém o deslizador no intervalo pretendido, com a capacidade de gerar 3 padrões diferentes. O padrão superior está associado ao volume de 100%, o marcador intermédio a 60%, ao inferior a 30%. O utilizador pode mover o deslizador através de uma componente cilíndrica (Figura 4.38) que pode pegar e mover, ao mesmo tempo que no ambiente virtual é representado um modelo cilíndrico com as mesmas dimensões, na mesma posição, para o utilizador identificar o mecanismo.

Conforme apresentado na Figura 4.36, quando a posição é intermédia, o conteúdo digital apresentado na superfície da “página” também indica esse mesmo valor e o respetivo desenho, e quando o utilizador move o deslizador para cima, como apresentado na Figura 4.37, o novo marcador gerado muda o conteúdo virtual, apresentando a representação do volume no máximo.



Figura 4.36 – Protótipo com deslizador para volume a 60%.



Figura 4.37 – Protótipo com deslizador para volume a 100%.

Movimento aplicado por um mecanismo elástico para alteração do sistema

O terceiro desenvolvimento deste mecanismo e método de interação desenvolvido, faz recurso a 2 elásticos aplicado nas extremidades do mecanismo, com uma tensão ideal para que o mecanismo volte à posição inicial. Conforme apresentado na Figura 4.38, quando o mecanismo deslizante está em repouso, sem formas aplicadas pelo utilizador, o padrão visual apresentado é a combinação central gerada pelo mecanismo. O marcador na posição central, apenas têm o objetivo de apresentar o conteúdo digital que identifica a posição do o mecanismo de interação, enquanto o marcador no centro da página apresenta o conteúdo digital da página.

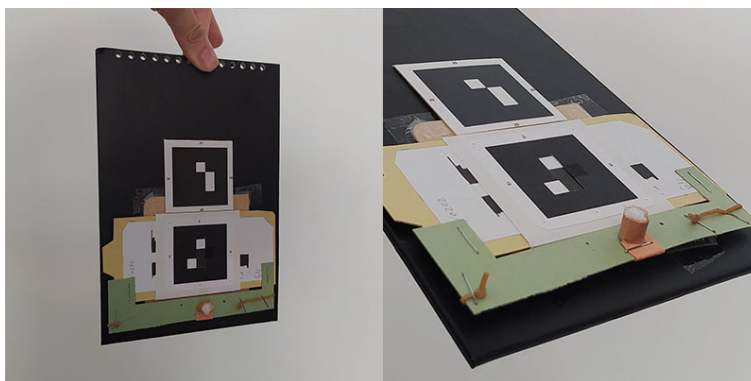


Figura 4.38 – Mecanismo deslizante com recurso elástico para retrocesso automático.

Para fazer uso prático deste mecanismo produzido, foi desenvolvida uma aplicação composta por 5 ambientes 360° que o utilizador pode explorar em toda a volta. Os ambientes utilizados correspondem a possíveis locais entre o pátio da universidade e o edifício da Faculdade de Medicina na Rua Larga (1-Pátio, 2-Porta férrea, 3-Insígnia, 4-BGUC, 5-Rua Larga), conforme mostrado na Figura 4.39, e que quando o utilizador move o mecanismo deslizante para a direita ou para a esquerda, pode mudar o ambiente 360° para entre as posições disponíveis.



Figura 4.39 – Possíveis ambientes 360° disponíveis para navegação na aplicação.

Conforme visualizado na Figura 4.40, o mecanismo encontra-se em repouso sem interação pelo utilizador, enquanto o utilizador está inserido no ambiente 360° no pátio da universidade, que corresponde à posição número 1 da aplicação, sendo esta identificada no ambiente virtual através do número e nome da posição.



Figura 4.40 – Mecanismo deslizante quando o utilizador larga o objeto.

Quando o utilizador move o mecanismo deslizante para a direita, este permite que o ambiente 360° mude consoante a direção escolhida. Conforme demonstrado na Figura 4.41, o utilizador move o mecanismo 2 vezes para a direita, permitindo que o sistema mude os conteúdos os repetidos para a posição 3 que corresponde à insígnia da universidade, apresentado o espaço 360°, respetivo nome e número da posição através do suporte tangível.



Figura 4.41 – Mecanismo deslizante com movimento aplicado para a direita.

O resultado da interação tangível através do mecanismo desenvolvido para alterar o estado do sistema, é positiva. Este sistema permite ao utilizador navegar ou fazer alterações específicas através de um objeto que vê e sente, tornando numa interação com enorme potencial para ser inserida neste tipo de sistemas de RV.

Protótipo #13 – Livro de áudio

Livro em que as páginas reproduzem a história em áudio

Seguindo o conceito o mesmo do Protótipo #2 – Livro de geométricas e cores, este protótipo apresenta visualmente os conteúdos da mesma forma, mas o objetivo não é obrigar o utilizador a ler os conteúdos, mas ouvir os conteúdos.



Figura 4.42 – Imagens para as páginas da história “A Cigarra e a Formiga”.

Os conteúdos apresentados referem uma história infantil, a história da “Formiga e a Cigarra”, onde cada página apresenta uma secção da história através de uma imagem (Figura 4.42) que preencher toda a forma da página, e pode manipulada nos 3 eixos para ver o conteúdo como se um livro real fosse. Mas quando o utilizador abre cada uma das páginas, como demonstrado na Figura 4.43, esta ação de abrir uma nova página faz reproduzir automaticamente um ficheiro áudio a contar a história dessa página, e procedimento é feito em todas as páginas, tornando assim num livro virtual onde a história é ouvida.

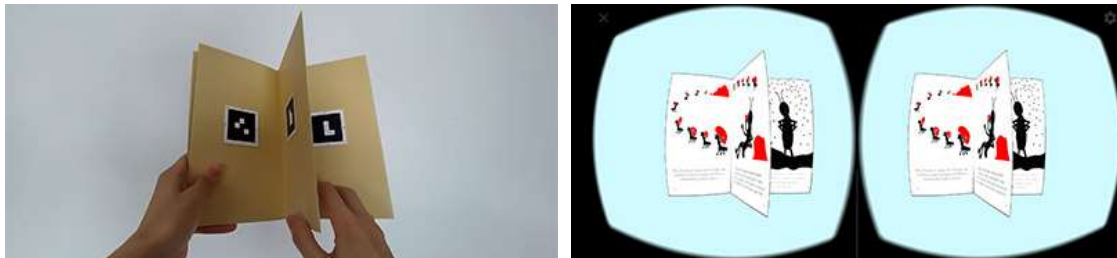


Figura 4.43 – Rotação das páginas do protótipo para mudar os conteúdos multimédia.

Tal como verificado no protótipo #2 e no desenvolvimento do “VR Book”, a apresentação de conteúdos em texto, é um método difícil de ser consumido em RV, mas substituindo esse conteúdo por uma narração em áudio, torna a experiência mais interessante para o utilizador e mais fácil de consumir o conteúdo na aplicação.

Protótipo #14 – Virar página com a mão

Interação através do movimento de pressionar

Neste protótipo foi explorado a possibilidade de interação através de movimento da mão do utilizador, onde o utilizador faz o movimento de pressionar uma zona da página para interagir com o sistema.

Esta interação é feita através do reconhecimento dos marcadores visuais, que quando o utilizador coloca os dedos em cima do marcador para o “pressionar”, o evento de o sistema deixar de reconhecer tal marcador, provoca uma reação no sistema que neste caso, incrementa um valor na contagem que é apresentado visualmente. Casa um dos marcadores realiza uma ação diferente, o marcador do lado direito incrementa 1 unidade, e o marcador do lado esquerdo decrementa 1 unidade.

No exemplo apresentado, o utilizador utiliza a mão para fazer a interação através da obstrução dos marcadores do campo de visão da câmara. Na Figura 4.44 o utilizador mantém os dedos fora dos marcadores, e o conteúdo visualizado no ambiente virtual é o valor de “3”, mas quando coloca os dedos a tapar um dos marcadores, como demonstrado na Figura 4.45, o sistema incrementa uma unidade e esse valor é atualizado e apresentado o valor de “4” no ambiente virtual.

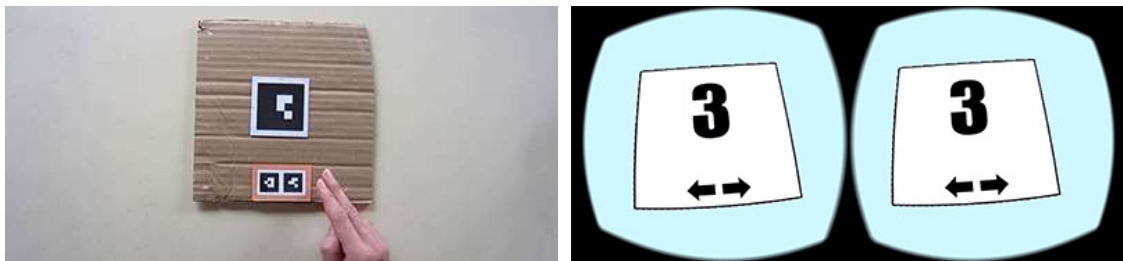


Figura 4.44 – Utilizador tem a mão fora dos marcadores.

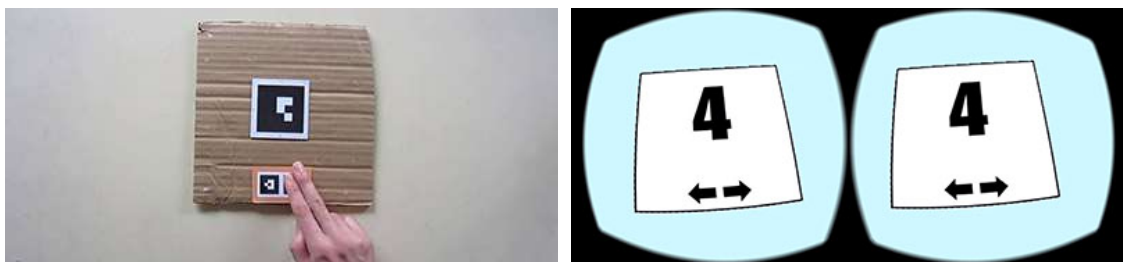


Figura 4.45 – Utilizador tapa um dos marcadores com os dedos.

Esta ação permite incrementar ou decrementar o valor de uma variável, que poderá ser associado a avançar ou recuar, aumentar ou diminuir, podendo ser usado para diversas formas de interação específica para a aplicação onde será implementado.

Interação através do movimento de desfolhar

Utilizando um conceito semelhante da interação anterior, mas neste caso para que a interação seja feita através do movimento da mão, para a direita ou para a esquerda, como se estivesse a desfolhar as páginas de um livro.

Neste caso são utilizados 3 marcadores em sequência, em que a visão por computador identifica quando um marcador deixa de ser detetado ou é encontrado. Esta deteção permite identificar quando o movimento da mão é feita do lado direito ou do lado esquerdo, e assim, incrementar ou decrementar o valor apresentado no ambiente virtual.

Na Figura 4.46 a), o utilizador inicia o movimento com a mão do lado esquerdo dos marcadores, quando não está a tapar nenhum dos marcadores, ao fazer o movimento para o lado direita, irá tapar cada um dos marcadores por uma ordem específica. Primeiro tapa o 1º marcador, depois tapa o 2º marcador, por fim tapa o 3º marcador, enquanto revela os marcadores anterior na mesma sequência, tal como é demonstrado na Figura 4.47 a).

Esta sequência de obstrução dos marcadores permite identifica que o movimento da mão foi feito da esquerda para a direita, e, portanto, o resultado de interação com o sistema nesse sentido, é incrementar um valor a uma variável existente no sistema, que é apresentado no ambiente virtual tal como demonstrado na Figura 4.46 b) e Figura 4.47 b), respetivamente ao momento antes e depois da interação.

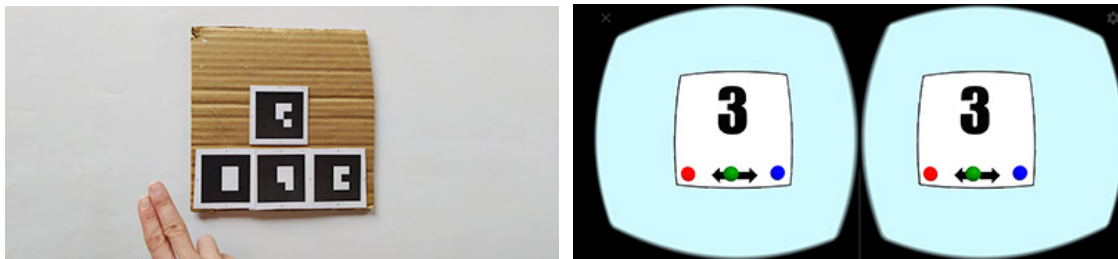


Figura 4.46 – Utilizador tem a mão do lado esquerdo sem tapar os marcadores.

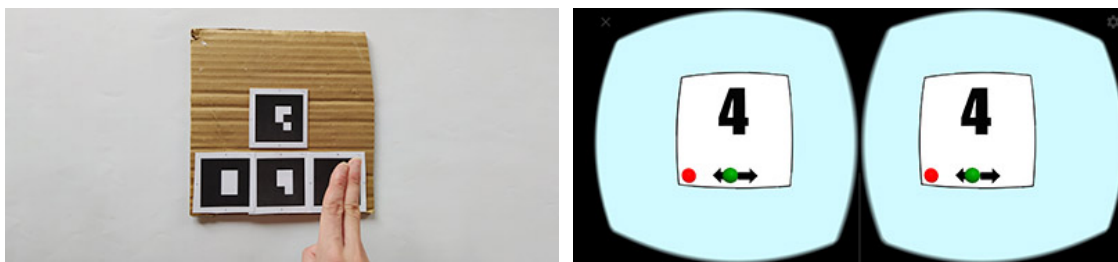


Figura 4.47 – Utilizador move a mão para a direita tapando o terceiro marcador.

O resultado desta interação é positivo, porque este movimento de passar a mão por uma página para avançar ou recuar um conteúdo, pode ser associado ao “VR Book” e tornar esta interação como desfolhar um livro, para avançar ou recuar de uma forma ilimitada, sem estar dependente da quantidade de páginas físicas disponíveis no objeto tangível. Mas seria importante que o utilizador pudesse identificar a posição da sua mão/dedos para fazer esta interação de movimento em RV.

Protótipo #15 – Lentes para mudar ambiente 360º

Opções livres de interação tangível para escolher novo ambiente

Este protótipo tem como objetivo apresentar um suporte tangível que dispõe de várias “lentes”, como objetos que o utilizador pode pegar para de forma “mágica” alterar o ambiente 360º no qual está inserido e pode explorar.

A lentes são uma pequena placa que o utilizador pode pegar, que contém um ímã que o permite estar seguro numa posição no objeto tangível. Cada um deste objeto inclui um marcador visual distinto (Figura 4.48 a), que no ambiente virtual apresenta uma imagem. Neste exemplo é utilizada uma imagem de um dos polos da Universidade de Coimbra (Figura 4.48 b), que o utilizador pode pegar no objeto e ver a imagem que este representa, e quando este objeto é aproximado da posição de visão do utilizador, com uma posição de distância mínima, permite que o ambiente 360º à sua volta seja alterado para o Polo que escolheu “entrar”.

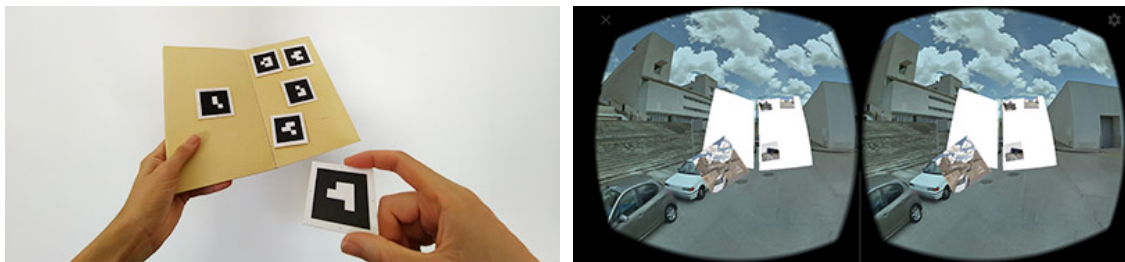


Figura 4.48 – Utilização de marcadores para alterar ambiente do espaço 360º.

Neste protótipo foram verificados alguns problemas, o facto de as placas com os marcadores serem finas torna a ação de lhe pegar difícil sem que o utilizador obstrua o padrão necessário para o rastreamento, e a dificuldade de voltar a colocar o objeto na sua posição na página para que este seja seguro pelo ímã. Então foi realizado um novo protótipo para resolver estes problemas, e no exemplo seguinte, os objetos têm uma maior espessura para serem pegados mais facilmente; foram colocados ímanes com um campo magnético mais forte para melhor segurar os objetos; quando um objeto é removido da sua posição, têm um marcador adicional por baixo que revela uma esfera verde indicando a posição no ambiente virtual, na qual o utilizador poderá recolocar o marcador.

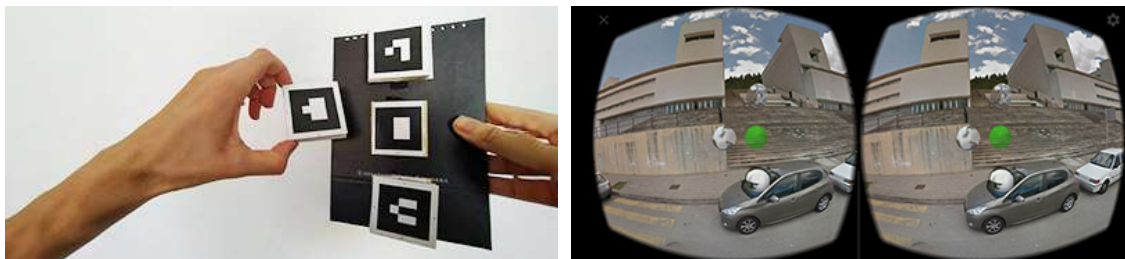


Figura 4.49 – Utilizador pega no objeto com um marcador visual.



Figura 4.50 – Utilizador aproxima o objeto com um marcador visual do ponto de visão.

O funcionamento é semelhante ao teste anterior, em que o utilizador pega no objeto e aproxima do campo de visão para alterar o ambiente 360º à sua volta, mas neste teste as placas foram substituídas por esferas, para dar um entendimento de um “portal”.

Como demonstrado na Figura 4.49, o utilizador está colocado no Polo 2, e retira a esfera da sua posição na página com um dos 3 ambientes disponíveis, optando neste caso pelo ambiente do Polo da Faculdade de Economia, e de seguida como demonstrado na Figura 4.50, quando este marcador é aproximado da câmara, o único aspeto que é alterado no sistema é o ambiente 360º à sua volta, mudando do espaço do Polo para o espaço do Polo da Faculdade de Economia. E este processo pode ser feito para cada uma das três opções disponíveis no objeto tangível, sendo que cada objeto com um marcador, permite alterar o ambiente 360º para um local específico representado na esfera.

O resultado deste protótipo foi considerado muito positivo, a forma de interação tangível é natural, ao mesmo tempo o resultado de aproximação do objeto do “olho” do utilizador para alterar o ambiente é prático, podendo ser implementado no “VR Book”.

Protótipo #17 – Vídeo dobrável

Visualizar o vídeo num livro que pode ser dobrado

Voltando a explorar a capacidade de utilização de conteúdos vídeo associados ao objeto tangível, neste protótipo o vídeo no conceito de um livro, em que o vídeo é aplicado a ambas as páginas. O vídeo foi dividido em 2 partes, sendo transformado em 2 vídeos separados, que um vídeo será apresentado na página da esquerda e o outro vídeo será apresentado na página da direita (Figura 4.51).

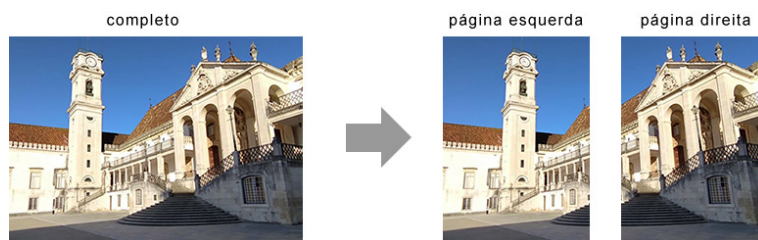


Figura 4.51 – Transformação do vídeo em 2 partes separadas.

Quando o utilizador abre o livro, cada um dos marcadores apresenta cada um dos vídeos, e assim permite tirar partido de toda a área da página tangível e aumentar o tamanho da imagem no ambiente virtual, tal como demonstrado na Figura 4.52, tendo a capacidade de poder dobrar o vídeo num eixo central enquanto mantêm a liberdade de rotação.

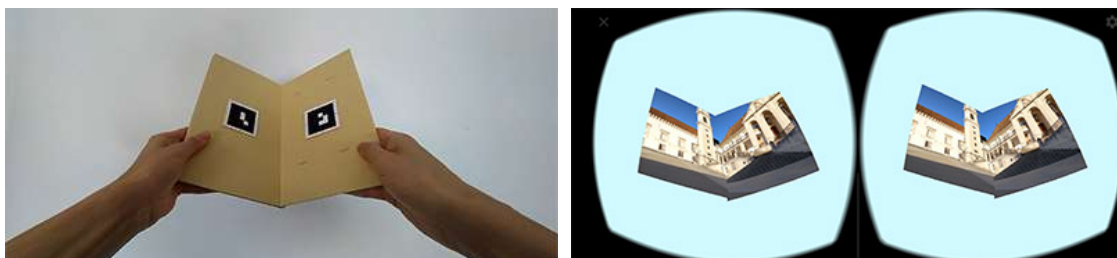


Figura 4.52 – Visualização de um vídeo em duas páginas.

Os resultados deste teste apresentaram alguns problemas, apesar da reprodução dos 2 vídeos ser comandada por apenas um marcador, pode não haver sincronia na reprodução, quebrando a experiência da visualização por o vídeo não ter uma continuidade visual correta, mesmo que esta seja pequena.

Protótipo #18 – Rastreamento dos dedos

Identificar a posição e movimento da mão de um utilizador

Este protótipo tem o objetivo de tentar resolver os problemas identificando nos Protótipos #1, #12 e #14, que requerem a interação do utilizador através de pegar fisicamente em objetos representador virtualmente, ou fazer interação com o sistema através dos movimentos da mão. Portanto este teste tenta fazer a identificação dos dedos do utilizador, para que este possa visualizar em RV, a posição da sua mão/dedos em relação ao objeto que necessita de pegar ou executar um movimento da mão numa zona específica.

O processo foi feito recorrendo dos marcadores visuais mais pequenos, colocado em cada um dos dedos do utilizador, como demonstrado na Figura 4.53a. Com cada marcador a representar um pequeno cilindro verde no ambiente virtual, na Figura 4.54b essa representação traduz a posição e rotação dos movimentos dos dedos, e assim permitir identificar em RV a posição da mão.

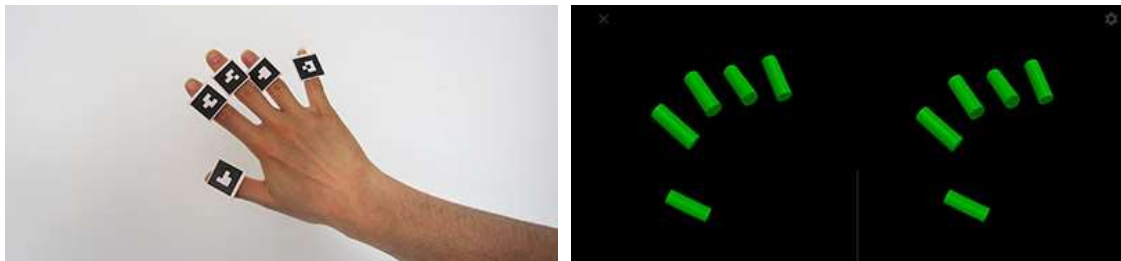


Figura 4.53 – Movimento da mão com marcadores visuais nos dedos.

O resultado do rastreamento dos marcadores não teve grande eficácia, devido da qual o tamanho dos marcadores não permitir uma identificação constante ao logo do movimento. Os marcadores visuais necessitam de ser maiores para a câmara conseguir identificar corretamente os padrões visuais, mas ao mesmo tempo os marcadores necessitavam de ser mais pequenos para o utilizador ter uma melhor experiência de movimento da mão durante a interação esperada.

Foi realizado um segundo teste, usando menos marcadores, mas aplicados em mais partes do dedo, tal como demonstrado na Figura 4.56. Apesar do resultado ser semelhante, apresentando os mesmos problemas, demonstra que se a qualidade de identificação dos marcadores foi possível que uma enorme qualidade, o resultado poderá trazer muitos benefícios para uma correta interação em que o utilizador precisa de identificar a posição e movimento da sua mão no ambiente virtual

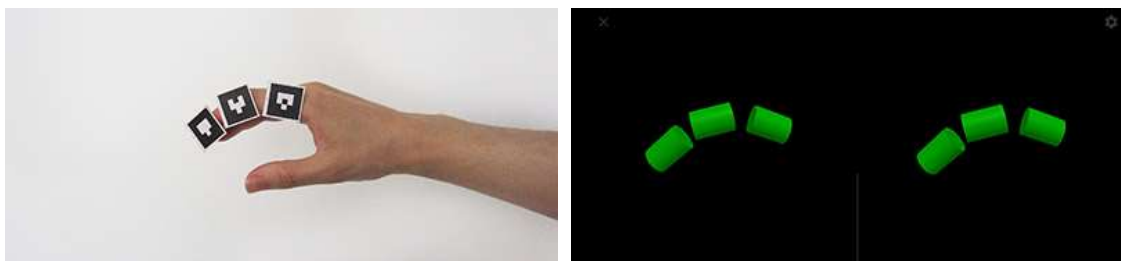


Figura 4.54 – Movimento dos dedos com múltiplos marcadores aplicados.

Um problema geral neste método, tal como foi identificado no protótipo #4, no mesmo campo de visão de RV, não poderão ser usados marcadores com tamanhos diferentes no mesmo espaço, porque estes serão entendidos pelo sistema estando em distâncias diferentes.

Protótipo #19 – Marcadores dinâmicos em suporte digital

Suporte digital para apresentação dos marcadores visuais

Neste protótipo, os padrões dos marcadores visuais são apresentados num ecrã, em vez dos tradicionais impressos conforme apresentados nos protótipos anteriores. O objetivo é criar dinamismo na aplicação dos marcadores, podendo aplicar movimento, rotação e tamanho de forma animada ao longo do tempo.

Para esta demonstração foi criada uma pequena produção audiovisual, onde são utilizados 4 marcadores diferentes que se movimentam na tela do vídeo, como apresentada nas imagens da Figura 4.55. A sequência é construída através do movimento dos marcadores a entrarem na tela, depois alteram o seu tamanho e movem-se para o lado esquerda, de seguida um a um, aumentam o seu tamanho e fazem uma rotação completa, terminando na sua posição inicial. Esta sequência é acompanhada por áudio, que é reproduzido quando existe movimentos dos marcadores, e no momento da rotação é narrado com a explicação do modelo 3D que é mostrado no ambiente virtual. Toda esta sequência é acompanhada por uma música para fins de entretenimento.



Figura 4.55 – Algumas imagens da sequência dinâmica dos marcadores num suporte digital.

O resultado quando visto em RV, permite ver 4 modelos 3D distintos, representado cada uma delas uma forma geométrica (cubo, tetraedro, octaedro, dodecaedro), enquanto a narração de uma voz diz o nome da forma geométrica e a quantidade de faces, vértices e arestas que cada um tem. Tornando num conteúdo didático para crianças, que poderá ser vista num ambiente de RV. Na Figura 4.56 os marcadores são apresentados em fila, mostrando no ambiente virtual as 4 formas geométricas, e na Figura 4.57 um marcador é ampliado enquanto roda, para ser visualizado no ambiente virtual em toda a sua volta.

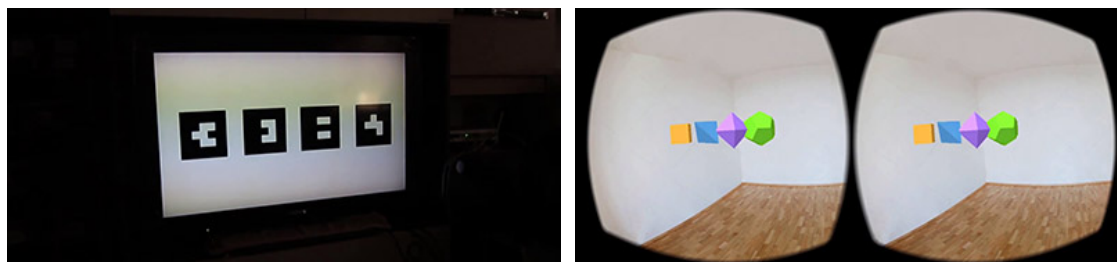


Figura 4.56 – Tela digital com 4 marcadores em fila.

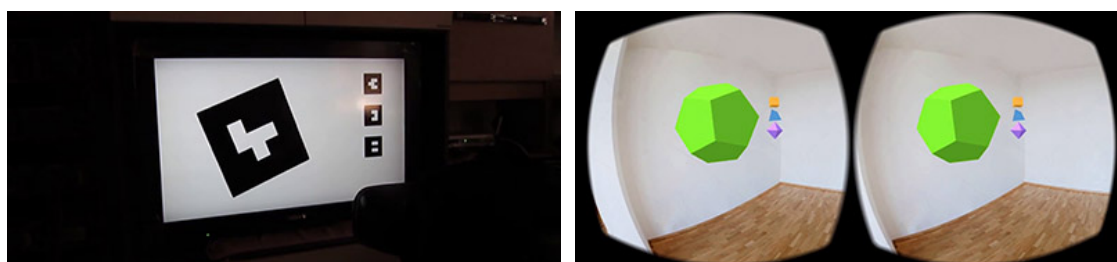


Figura 4.57 – Tela digital com um marcador maior em rotação.

O resultado do protótipo demonstra que a apresentação de marcadores através de um dispositivo digital, permite uma boa identificação dos padrões dos marcadores visuais, e assim um rastreamento necessário para RV, tanto em condições de baixa iluminação do espaço, mas também com iluminação considerável.

A característica dinâmica é uma mais-valia que não é possível com o método dos marcadores impressos, e que permite um maior potencial para aumentar o interesse da experiência. Mas este método poderá tirar ainda mais partido deste suporte se forem aplicadas formas de interação pelo utilizador para controlar os marcadores “dinâmico”, resultando o movimento, tamanho ou rotação, conforme as ações do utilizador.

O ambiente sonoro também é um aspeto positivo deste protótipo, porque os sons que acompanham ou são reproduzidos conforme os movimentos dos marcadores/objetos, oferece ao utilizador uma experiência mais satisfatória e imersiva. Portanto será um aspeto que poderá ser implementado no “VR Book” para o utilizador ter um “ambiente” sonoro adequado da experiência.

Protótipo #20 – Interface digital com ecrã tátil

Interação com o sistema com recursos a um dispositivo digital

Continuando a explorar as potencialidades de apresentação de marcadores visuais através de dispositivos digitais. Este protótipo de o objetivo de explorar essa capacidade de apresentação de marcadores, através da interação das opções permitidas ao utilizador.

Foi desenvolvida uma aplicação para um dispositivo móvel que permite a interação com duas opções, através de uma seta para a direita ou uma seta para a esquerda, enquanto o conteúdo virtual é apresentado na posição do rastreamento de um marcador visual impresso, conforme demonstrado na Figura 4.58.



Figura 4.58 – Marcador visual impresso para rastreamento da posição do conteúdo digital.

A aplicação para interação tátil com o dispositivo digital, é composta por 3 estados. O estado sem interação apresenta duas áreas com setas (Figura 4.59a), quando a seta para a direita é pressionada (Figura 4.59b), a aplicação muda a cor da seta para verde para se ver que foi pressionada, mas a imagem do lado esquerdo é substituída por um marcador específico, o mesmo acontece de forma inversa quando a seta do lado esquerdo é pressionada (Figura 4.59c), mas mostra um marcador diferente.



Figura 4.59 – Opções de interação com a aplicação no dispositivo digital.

O resultado desta interação quando o marcador visual no dispositivo digital e o marcador impresso, é a alteração do valor apresentado pelo sistema, que quando a seta para a direita é pressionada, incrementa uma unidade ao valor apresentado pelo sistema (Figura 4.60). O mesmo processo é feito com a seta para a esquerda, para decrementar uma unidade, podendo o utilizador pressionar quantas vezes necessitar para gerar o valor que pretende.

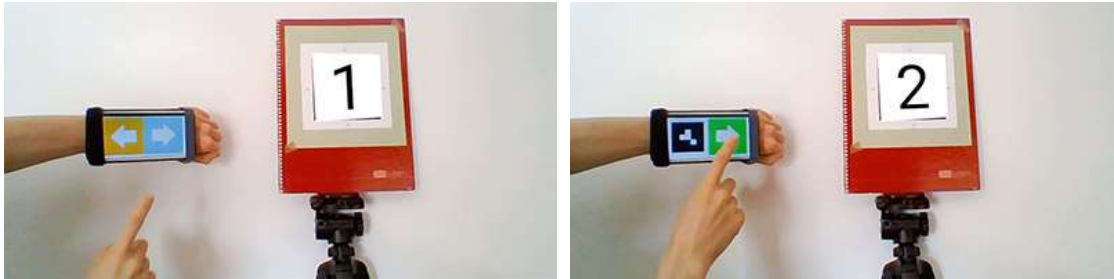


Figura 4.60 – Interação com a aplicação digital para incrementar ou decrementar valores.

Com objetivos semelhantes, foi desenvolvida uma aplicação que realiza a mesma ação do sistema que o protótipo descrito acima, mas esta aplicação seguinte permite apresentar os marcadores através do movimento de deslizar a mão no ecrã.

A aplicação tem 3 estados possíveis: Inativo (Figura 4.61a), quando não existe interação; Marcador 1 (Figura 4.61b), quando o movimento da mão é feita da esquerda para a direita; Marcador 2 (Figura 4.61c), quando o movimento é no sentido inverso.

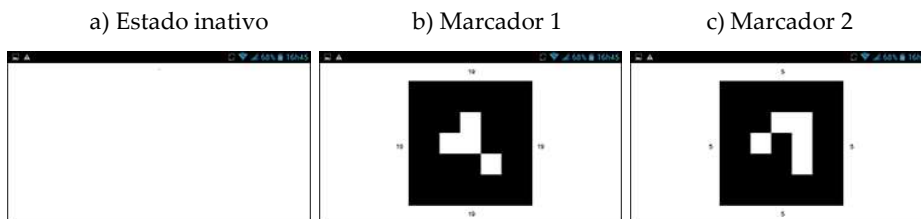


Figura 4.61 – Resultados da interação ao deslizar a mão na aplicação no dispositivo digital

Esta forma de interação permite alterar os valores ou estado do sistema através da movimentação da mão, conforma apresentado na Figura 4.62, o sistema inicia com o valor 5, e quando o utilizador move a mão para a direita sobre o dispositivo digital, este apresenta o marcador correspondente à interação, e quando o sistema deteta o marcador visual, incrementa uma unidade.

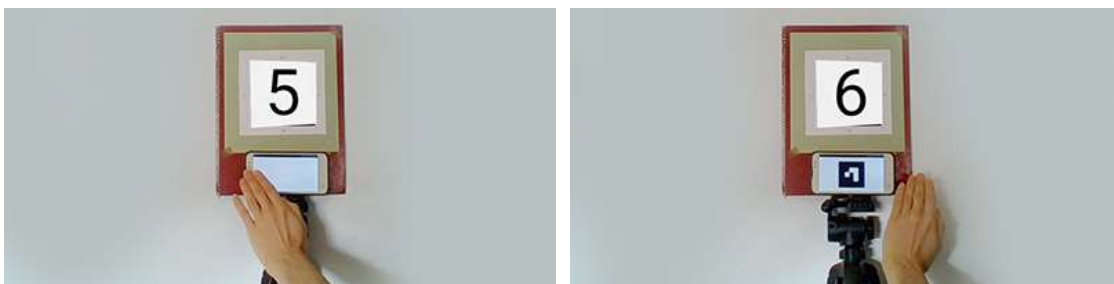


Figura 4.62 – Movimento da mão para interação com o ecrã tátil do dispositivo digital.

Estas duas formas de interação apresentadas neste protótipo, foram realizadas com sucesso, tendo apenas detetado problemas com reflexos devido à refletividade do ecrã do dispositivo. Mas é uma forma de interação que apresenta um grande potencial para ser implementado no desenvolvimento do “VR Book”, que sendo incorporado na página do livro, poderá permitir o movimento de deslizar a mão para a interação de desfolhar as páginas do livro, em que o utilizador poderá “navegar” para a frente ou para trás, para mudar o conteúdo do livro através da página que escolhe.

Protótipo #21 – Interação com comandos por voz

Comandos por voz para interação com o sistema

Explorando mais a capacidade de gerar a visualização de marcadores em suportes digitais através das capacidades dos mesmos, foi feito um novo protótipo cuja interação é feita através dos comandos por voz do utilizador.

Foi desenvolvida uma aplicação baseada nos conteúdos desenvolvidos para ao protótipo #14 e #15, em que a aplicação permite a escolha do ambiente 360º correspondente a 5 polos da Universidade de Coimbra (1-Polo central, 2-Polo das engenharias, 3-Polo das ciências da saúde, 4-Polo da faculdade de economia, 5-polo do estádio universitário). São utilizadas 5 imagens dos polos da Universidade de Coimbra (Figura 4.63), e 5 imagens 360º dos mesmos polos da Universidade de Coimbra (Figura 4.64) para que sejam aplicadas ao ambiente e permite a exploração 360º.



Figura 4.63 – Imagens de 5 polos da Universidade de Coimbra.



Figura 4.64 – Imagens 360º de 5 polos da Universidade de Coimbra.

A aplicação de reconhecimento de voz permite transformar as palavras do utilizador para exto entendido pelo sistema, que quando deteta palavras específicas programadas na aplicação, permite executar uma ação no sistema, existindo 3 ações possíveis. Quando o sistema está em espera, é apresentado apenas é apresentado o marcador que é utilizado como referência para apresenta o menu de navegação (Figura 4.65a), e alterando o marcador quando o sistema deteta o comando “next” (Figura 4.65b), “previous”(Figura 4.65c), e “enter” (Figura 4.65d).

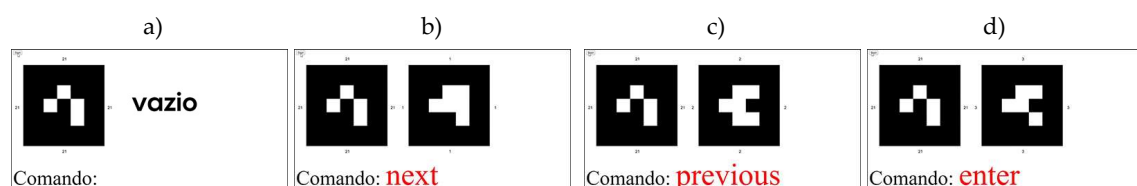


Figura 4.65 – Estados da aplicação de reconhecimento de voz.

A aplicação de controlo por voz apresenta um marcador (21), que permite ao utilizador fazer o rastreamento do mesmo com os óculos RV para visualizar o conteúdo apresentado pelo sistema no ambiente virtual, conforme demonstrado na Figura 4.66. O sistema apresenta uma figura grande e 5 pequenas, em que a opção (polo) é mostrado na imagem grande e identificado através de um contorno vermelho na respetiva imagem pequena.



Figura 4.66 – Aplicação de controlo por voz em espera.

Quando o utilizador diz a palavra “next”, o sistema reconhece esse comando e apresenta durante um período de tempo o marcador (1), que o reconhecimento pelo sistema resulta na indicação para seleciona a opção seguinte, conforme demonstrado na Figura 4.67. Esta ação resulta na alteração da imagem grande para uma imagem correspondente à nova opção escolhida, mas também altera a posição de um contorno vermelho que identifica a opção selecionada, agora alterada para a segunda pequena imagem das disponíveis.

O mesmo processo poderá ser repetido quantas vezes o utilizador necessitar, podendo “navegar” a seleção para cada uma das 5 imagens disponíveis, que quando chega à última imagem, volta para a imagem na primeira posição, podendo assim dar a volta nas opções do menu. O processo é semelhante quando o sistema reconhecer o comando “previous”, que irá fazer a seleção no sentido oposto. Esta forma de interação com o sistema, permite ao utilizador escolher uma das opções disponíveis de um menu.



Figura 4.67 – Aplicação de controlo por voz com o comando “next”.

Quando o utilizador navega a seleção uma nova opção, e der o comando “enter”, o sistema irá alterar o ambiente 360º para o correspondente à opção escolhida pelo utilizador, conforme demonstrado na Figura 4.68. Quando o utilizador “entra” num novo ambiente, este permite ser visualizado em toda a volta, mantendo sempre o menu na mesma posição.

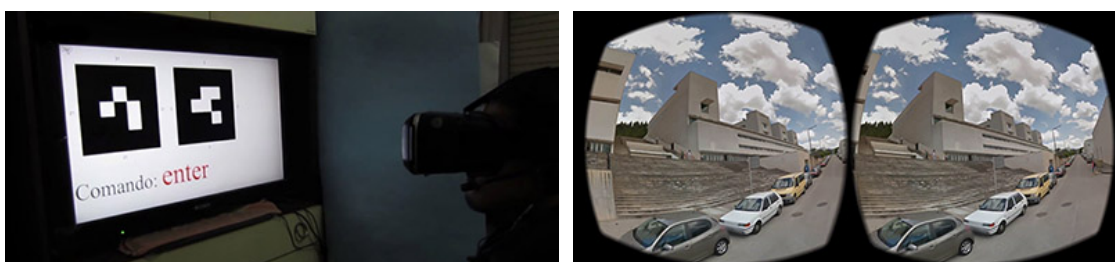


Figura 4.68 – Aplicação de controlo por voz com o comando “enter”.

Este tipo de interação através de voz resulta com grande eficiência e adequado ao ambiente no qual está a ser usado, podendo elevar a experiência com um sistema de RV. Embora da forma como o protótipo foi desenvolvido, o facto de necessitar se um suporte adicional para que o resultado da interação poder ter resultados me RV, pode ser um fator pelo qual não seja a melhor forma para implementação do “VR Book” no desenvolvimento deste projeto.

Existem dois problemas identificados nos resultados da interação deste sistema. O primeiro problema é relativo à visualização dos marcadores necessários para a interação, apesar do dispositivo digital apresentar os marcadores com boa qualidade para identificação e rastreamento, é necessário que o marcador que resulta da interação, esteja no campo de visão da câmara do equipamento, que se o utilizador estiver a direccionar o olhar para outro local, o marcador não será reconhecido para a ação resultar do comando dado. O segundo problema identificado é relativo ao reconhecimento de voz, apesar deste problema ter sido mínimo com o utilizador que demonstrou esta aplicação, o facto de o reconhecimento de voz utilizar uma biblioteca em inglês, obriga o utilizador a dar os comandos e inglês, e se a pronuncia ou sotaque do utilizador não foi boa, poderá resultar em um reconhecimento errado das palavras.

Protótipo #22– Interação com marcadores no corpo

Alteração da opacidade do ambiente através do movimento dos pulsos

Este protótipo teve a finalidade de verificar a interação com o sistema através de movimento do corpo do utilizador. Com marcadores aplicados no corpo, em cada pulso, o utilizador pode fazer um movimento rotativo do mesmo para revelar um dos marcadores para a câmara e o sistema realizar uma ação consoante o marcador detetado.

Nesta aplicação o objetivo é controlar a intensidade de “iluminação” do espaço apresentado no ambiente virtual, onde o marcador do pulso do lado direito permite aumentar a iluminação do espaço (Figura 4.69), cujo resultado é apresentado através da opacidade apresentada e de um valor numérico de percentagem. Com o marcador do pulso esquerdo, este marcador realiza uma ação semelhante, mas de forma inversa, reduzindo a intensidade de iluminação e o valor de percentagem correspondente (Figura 4.70).

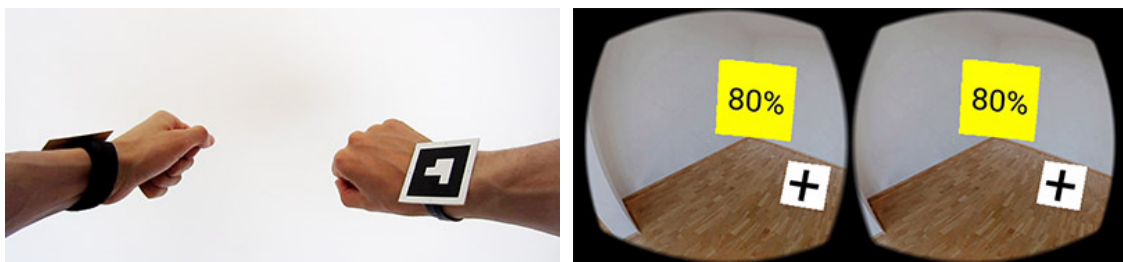


Figura 4.69 – Aumentar a intensidade de iluminação do espaço virtual com o movimento do pulso.



Figura 4.70 – Diminuir a intensidade de iluminação do espaço virtual com o movimento do pulso.

O resultado deste protótipo permitiu realizar interações diretas com o sistema, através das ações do utilizador, ao mesmo tempo que este pode ver o resultado das suas ações e afetar a sua experiência em RV. Este tipo de método de interação revela potencial para a implementação no “VR Book” para ações adicionais que ajudem no controlo de conteúdos para o utilizador.

Protótipo #23 – Interação com mecanismo direcional

Mecanismo direcional rotativo para incrementar ou decrementar

Recorrendo a um objeto físico desenvolvido para o protótipo #3 – Garrafa sem obstrução, que utiliza o posicionamento externo de marcadores numa estrutura triangular. Foi desenvolvida uma aplicação para fazer uso da característica rotativa deste objeto, de forma a criar um mecanismo em que a direção com que é rodado, altera os valores do sistema.

Quando o utilizador pega neste objeto, poderá rodar para a esquerda ou para a direita, que resulta no incremento ou decremento de um valor registado no sistema, que é apresentado visualmente no espaço para controlo na experiência. Conforme demonstrado na Figura 4.71, o movimento para do objeto rotativo para a direita, resulta na incrementação de um valor que é apresentado no ambiente, e é apresentado um sinal de “somar” na posição do marcador, mas quando rodado para o lado esquerdo, como demonstrado na Figura 4.72, o valor é decrementado e sinal apresentado é de “diminuir”.

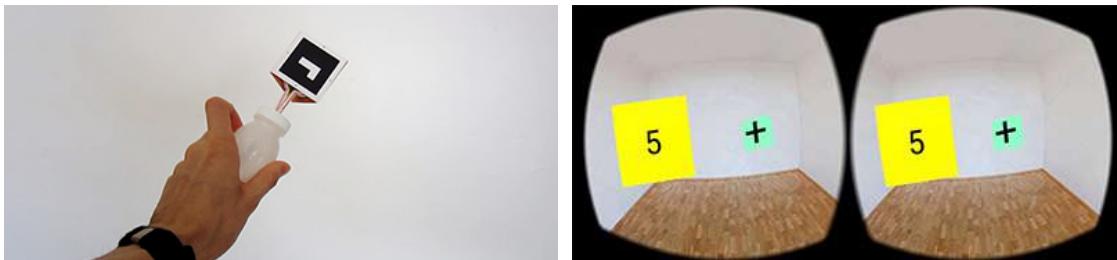


Figura 4.71 – Movimento rotativo do objeto para incrementar.

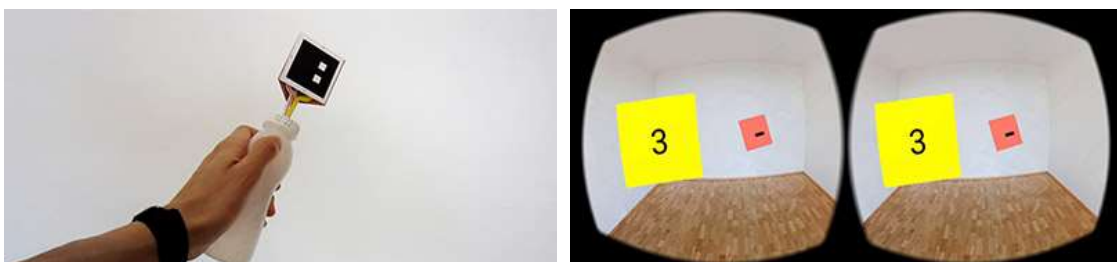


Figura 4.72 – Movimento rotativo do objeto para decrementar.

Este método de interação permite ao utilizador recorrer a um mecanismo específico como forma para realizar ações com sistema, para efetuar alterações em tempo real, ou alterações que afetam o sistema. Conforme explorado no protótipo anterior (Protótipo #22– Interação com marcadores no corpo), este método de interação também revela potencial para interação em RV como meios adicionais de realização ações com a aplicação.

Protótipo #24 – Interação com mecanismo rotativo infinito

Mecanismo direcional rotativo infinito para alteração do conteúdo

Utilizando o conceito explorado no protótipo anterior, neste desenvolvimento do método de interação foi criada uma aplicação, cuja interação com o objeto rotativo é utilizada como uma forma auxiliar para afetar diretamente um conteúdo apresentado.

Nesta demonstração, o utilizador possui um livro virtual onde é apresentada uma forma geométrica na superfície da página que tem o marcador como referência. A forma geométrica representada por um cubo verde tem uma rotação de 0° no eixo Z, em relação à superfície da página, como é demonstrado na Figura 4.73, e quando o utilizador realiza uma rotação do objeto com os marcadores visuais, o sistema incrementa o valor de rotação da forma geométrica no eixo Z, mantendo sempre a mesma referência da página virtual, como demonstrado na Figura 4.74.

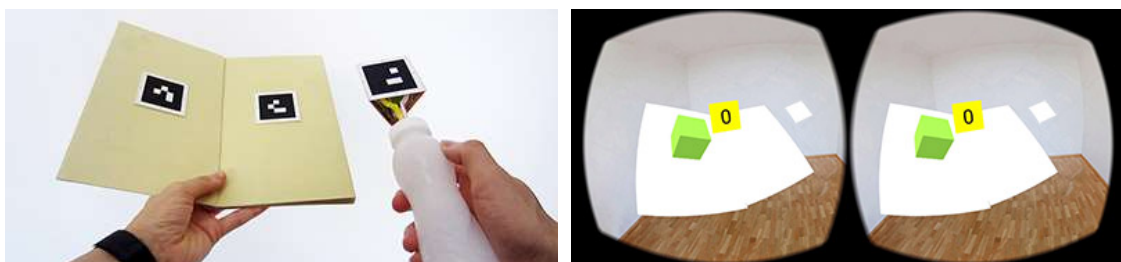


Figura 4.73 – Forma geométrica no livro virtual apresentada com uma rotação de 0° .

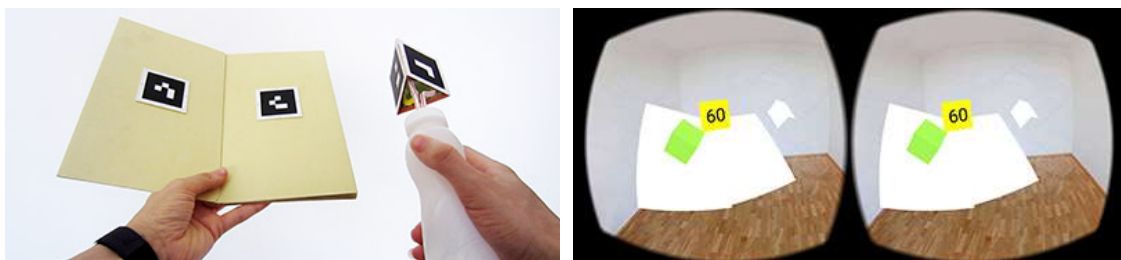


Figura 4.74 – Forma geométrica no livro virtual alterada para uma rotação de 60° .

O movimento rotativo do objeto físico pode ser realizado infinitamente, para a direita ou para a esquerda, de forma a aplicar a respectiva rotação da forma geométrica virtual. Este método de interação auxiliar poderá trazer benefícios na experiência de RV, complementando a capacidade da manipulação dos objetos físicos para a visualização de conteúdos em ambientes virtuais.

Conclusões

O desenvolvimento da prototipagem durante a investigação do projeto, permitiu tirar conclusões específicas e gerais sobre a manipulação dos objetos tangíveis, conteúdos multimídia utilizados, e formas de interação com os objetos e com o sistema. Através das conclusões tiradas, foi possível determinar o que funciona ou não funciona, e o que teria potencial para continuar a ser desenvolvido, para a implementação no desenvolvimento do livro virtual “VR Book”.

Manipulação dos objetos tangíveis

A manipulação dos objetos é o que torna a realista a experiência tangível, mas para obter com sucesso estes resultados é necessário que o objeto mantenha pelo menos um marcador visual sempre no campo de visão da câmara, caso contrário o objeto no ambiente virtual pode ser perdido de vista. Para obter os melhores resultados deste desenvolvimento, múltiplas faces do protótipo deverão ter aplicados marcadores, e idealmente sendo aplicados múltiplos marcadores na mesma face, para quando um marcador é obstruído da câmara, o rastreamento poder continuar a ser feito com o reconhecimento de outro marcador.

Posição dos marcadores

Porque os marcadores visuais têm de estar em completo campo de visão da câmara para o rastreamento computacional, deverão ser desenvolvidos com o tamanho adequado para o objeto no qual pretende ser desenvolvido, para que o utilizador possa olhar para o conteúdo no ambiente virtual sem que o utilizador perca o campo de visão sobre o marcador que permite apresentar esse mesmo conteúdo o conteúdo. O melhor posicionamento deverá ser numa posição central da face do objeto, que permite que o utilizador possa mover o olhar para todos os lados com a melhor probabilidade de a posição central do objeto continuar no campo de visão da câmara.

Tipo de padrões

Embora seja possível a criação de padrões personalizados através de formas e cor, a utilização de padrões incluídos na biblioteca do sistema, permite um rastreamento mais eficiente. A utilização de um grupo de padrões incluídos na biblioteca, quando o sistema é programado para procurar dentro desse grupo de padrões, o sistema irá procurar o padrão mais aproximado da lista possível, podendo assim serem apresentados padrões com algumas anomalias ou degradação. Utilizando padrões de uma biblioteca incluída no sistema, irá aumentar a eficiência da identificação e rastreamento dos marcadores, e assim aumentar a garantia que o marcador é rastreado ao longo da experiência do utilizador.

Tamanho dos marcadores e estabilidade dos elementos virtual

Quando se está a trabalhar com marcadores visuais pequenos em relação ao elemento digital que pretende ser apresentado, o afastamento do objeto virtual em relação à posição do marcador, provoca instabilidade na apresentação do conteúdo quando maior for essa diferença. Desta forma, o conteúdo virtual a apresentar deverá estar relacionado com o tamanho do marcador utilizado, que ao mesmo tempo deverá ter a relação com o tamanho do objeto tangível no qual está aplicado. A relação entre estes três componentes de um protótipo irá melhorar ou piorar a experiência do utilizador, porque quanto mais pequenos forem os marcadores visuais, maior será a garantia de que o marcador é captado na sua totalidade para o rastreamento dos padrões, ao mesmo tempo que reduz a estabilidade do conteúdo virtual devido à reduzida quantidade de pontos para rastreamento, mas não podendo ser demasiado pequenos senão o padrão não é identificado corretamente. De forma inversa, quando maiores forem os padrões visuais, menor a garantia que o padrão é captado na sua totalidade devido ao ângulo de visão e proximidade da câmara, ao mesmo tempo que aumenta a estabilidade do conteúdo virtual e identificação do padrão corretamente. Esta é uma relação que tem que ser feita de acordo com o objeto onde será aplicado o marcador e o conteúdo virtual associado.

Marcadores de tamanhos diferentes

Podem ser utilizados marcadores de dimensões diferentes na mesma aplicação, mas estes não deverão estar na mesma direção do campo de visão do utilizador porque serão entendidos pelo utilizador como estando em posições de distância diferentes. Desta forma o padrão que é maior, irá apresentar o conteúdo virtual à frente do conteúdo que tem o padrão visual menor, mesmo que o marcador com o tamanho mais pequeno esteja fisicamente mais próximo da visão do utilizador.

Longevidade dos marcadores

Deverá ter em conta da superfície na qual o marcador será aplicado, porque se um marcador foi aplicado numa superfície do objeto que está sujeita ao contato com superfícies físicas, estes irão estar sujeitos a uma maior degradação. A acumulação de riscos e perdas de intensidade de cor nos marcadores visuais, podem provocar que o padrão impresso reduza a qualidade necessária para o correto reconhecimento.

Qualidade da impressão dos marcadores

Sendo utilizados tipicamente padrões impressos, a qualidade da impressão e tipo de papel pode influenciar a identificação e rastreamento dos marcadores. A intensidade de tinta da impressão dos desenhos ou o efeito de gradiente provocado por impressoras de toner, pode levar o sistema a identificar os padrões como não tenham a cor esperada ou exista uma variação da cor. Este problema é menor quando utilizado marcadores de bibliotecas de incluídas no sistema, porque o sistema não irá procurar variações de cor.

Reflexos de luz

O tipo de papel e tinta/pigmente que constitui o desenho do padrão do marcador, poderá provocar efeitos de reflexo da luz sobre os mesmos. Este efeito de reflexo entre a posição da luz e da câmara, pode levar o sistema a não conseguir identificar o padrão do marcador, ou ser entendido por ter as cores ou imagem do reflexo provocado.

Dispositivos digitais

A utilização de marcadores visuais através de dispositivos de ecrãs digitais, como um *smartphone*, permite um semelhante reconhecimento como os marcadores impressos. Esta forma de apresenta os marcadores tipicamente ainda provoca mais reflexos, e assim aumentado da dificuldade do reconhecimento, mas por outros lado este método tem a possibilidade de alteração da intensidade da luz emitida pelo ecrã, e assim melhorar o reconhecimento do marcador. A utilização de dispositivos digitais para gerar marcadores, aumenta a liberdade da apresentação e dinamismos dos marcadores visuais, mas também permitindo formas de interação que não são possíveis através de marcadores impressos, podendo melhorar a experiência do utilizador com uma aplicação.

Formas de interação com marcadores

A capacidade de manipulação dos objetos, nos quais as posições e rotações são rastreadas, permite que o utilizador possa fazer uma manipulação de conteúdos visuais no ambiente virtual. Esta manipulação permite eliminar várias formas de *input* tradicionalmente utilizadas em outros dispositivos informativos. Mas o sistema pode também ter ações associadas a esta manipulação, permitindo uma interação direta com o sistema, não só para a visualização dos conteúdos, mas também no controlo do sistema.

Formas de interação num ambiente digital

Este tipo de aplicação informática permite uma variedade de formas de interação que podem ser conjugadas com a manipulação dos objetos tangíveis. O *framework* A-Frame permite que a interação também possa ser feita através do direcionamento do olhar, ou mesmo através de comandos por voz. Estas diversas formas de interação e input, podem tornar uma aplicação de RV mais rica e imersiva.

Conteúdos multimédia

A diversidade de conteúdos multimédia possíveis em ambientes virtuais é variada, mas esses conteúdos deverão ser implementados apropriadamente conforme o contexto ou a forma como serão apresentados.

O facto de ser possível utilizar texto neste tipo de ambiente virtual, não deverá ser utilizado de forma extensiva para ser “lido”, deverá ser utilizado como títulos com um tamanho de letra grande, ou para mostrar valores, porque a leitura de textos em RV é difícil e prejudica a experiência.

A capacidade de utilização de áudio, pode ser uma alternativa aos conteúdos de texto, fazendo recurso de uma narração de textos através da reprodução de um ficheiro de som. Fazendo recursos ao “som”, o áudio também pode ser utilizado na experiência do utilizador através de sons associados a interação, movimento, ruídos, etc., ou através de áudio relacionado com o ambiente 360º no qual o está “inserido”, desta forma aumentado a imersividade da experiência em RV.

A cor pode ser aplicada em qualquer elemento virtual do sistema, seja este aplicado a formas geométricas, texto, espaço, etc., sendo estas calculadas através do nome, valor hexadecimal ou intensidades RGB, permitindo uma variedade no desenvolvimento da aplicação.

O recurso a objetos tridimensionais para além das formas geometrias primitivas incluídas na biblioteca, permite importar objetos 3D externos através de alguns formatos possíveis, mas conforme os protótipos desenvolvidos, foi identificado alguns problemas na apresentação dos polígonos das formas geradas, e não apresentado exatamente como o modelo foi desenvolvido. Para esta situação, deverá garantir que o programa no qual irá desenvolver os modelos 3D, permite exportar para um formato que funciona adequadamente com a *framework* onde será importado.

Este tipo de aplicações de RV permite a utilização de vídeo, seja este aplicado a posições do espaço, a objetos, ou mesmo ao ambiente 360º na qual o utilizador está inserido. O aspeto negativo da implementação deste conteúdo, é que para obter a melhor qualidade do vídeo, o tamanho do mesmo terá que ser elevado, provocando um aumento do tempo necessário para ser importado na sua totalidade para reprodução. Quando associado o vídeo a um objeto tangível, como um livro virtual, este deverá ser aplicado ao total tamanho da folha virtual, de modo a tirar melhor partido do espaço sem quebrar a imersividade da interação com o objeto, mesmo que este seja aplicado numa página vertical. Mas quando um objeto permite ser dobrado, no qual o vídeo necessitar de ser dividido em duas partes, irá necessitar que a reprodução de ambas as partes seja sincronizada. Mas na realidade a leitura de ambos os vídeos poderá ter alguma diferentes, mesmo que menor de um segundo, esta reprodução provoca uma má experiência para o utilizador.

Capítulo 5

Espaço de Design

A realização deste projeto contribuiu para compreender como sistemas de Realidade Virtual (RV) poderão ser utilizados em dispositivos das tecnologias atuais, como formas de *input* e *output* para visualização de informação em ambientes digitais. A capacidade de colocar as pessoas em espaços gerados completamente de forma digital, que permitem ser muito ricos em conteúdos multimédia variados, que têm a capacidade de o utilizador poder interagir com os conteúdos no ambiente virtual.

Com a exploração do espaço de design, pretende-se investigar as possibilidades de interação e visualização em ambientes virtuais, que vão para além do “olhar em volta” como tradicionalmente são utilizados este tipo de sistemas, mas também poder “tocar” nos conteúdos do sistema.

Para descobrir este espaço, o procedimento envolveu diversas etapas ao longo da investigação, que permitiu debater formas de interação ou conteúdos apresentados, mas também avaliar a viabilidade dos mesmos. O resultado deste trabalho levou à elaboração de um quadro abstrato constituído por diversas perspetivas e dimensões, que permitem ser utilizadas em conjunto para criar uma interação inovadora na área de interação em RV, através de tangíveis passivos.

A prototipagem apresentada no Capítulo 4, foi um processo de dois sentidos, que através das ideias geradas e *feedback* recolhido dos utilizadores durante o processo de design, levou a desenvolvimento de protótipos para explorar as capacidades da tecnologia, resultando na alimentação e demonstração do “espaço de design”. Com o espaço de design obtido, permite ter uma visualização gerar das capacidade e características possíveis na utilização de um sistema virtual, podendo focar em determinadas demonstrações para implementar no produto a desenvolver, como o “VR Book”.

5.1 Brainstorming

As sessões de *brainstorming* foi a primeira técnica no processo de design, tendo sido realizadas reuniões em grupo e individuais, com o objetivo de reunir diversas pessoas para cruzar ideias, pessoas de diversas áreas, para gerar soluções inovadoras que poderiam ser aplicadas em ambientes de RV, ou debater individualmente resultados e *feedback* obtido.

Os resultados das reuniões foram registados em texto com tópicos de ideias, descrição dos processos de utilização de aplicações e objetos, ou através de esboços do elemento físico do protótipo ou diagrama de funcionamento da aplicação (Figura 5.1). Este material registado seria voltado a ser mostrado aos participantes na mesma reunião ou reuniões diferentes para obter a sua opinião sobre as ideias. Durante as sessões também foram apresentados protótipos físicos desenvolvidos, para demonstrar a utilização da tecnologia e os participantes entenderem como funciona e o que é necessário para funcionar, e entenderem os potenciais e diversidade de objetos que poderiam ser utilizados para a interação. Embora

que algumas das ideias não tivessem uma forma viável com os equipamentos disponíveis para o projeto, mesmo assim permitem dar azo a ao desenvolvimento ou melhoramento de outros conceitos.

Os participantes das sessões de brainstorming foram investigadores ligados ao desenvolvimento de sistemas RV, mas também pessoas interessadas nesta tecnologia, mesmo como apenas utilizador. Foram realizadas cinco sessões de *brainstorming*, tendo participado cinco pessoas no total. As ideias geradas estão incluídas no Apêndice G.

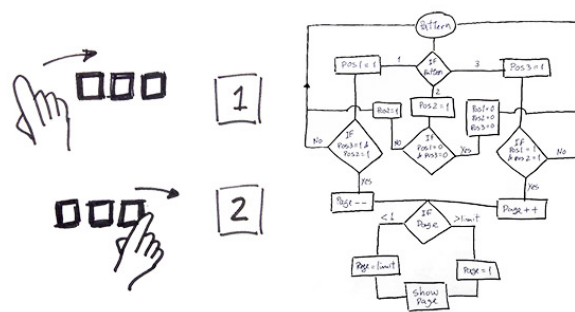


Figura 5.1 – Esboço do movimento e diagrama de um conceito para o projeto.

Estas sessões foram realizadas com pessoas interessadas na investigação de RV, mas também pessoas que utilizam sistemas de interação com sistemas de computadores. O objetivo destas sessões foi obter ideias preliminares do que poderia ser implementado num sistema de RV a desenvolver neste projeto, mas também obter ideias de formas de interação para a apresentação de conteúdos em RV utilizando objetos tangíveis.

As sessões duraram entre 15 a 45 minutos, tendo sido as sessões mais longas as que agruparam maior quantidade de pessoas. O registo destas sessões foi feito em papel através de tópicos de ideias ou esboços das ideias apresentadas na sessão, como a manipulação e movimento dos objetos, métodos de interação com os conteúdos ou mecanismos adicionais como método de interação háptico.

Algumas das ideias obtidas, foram exploradas durante a prototipagem no Capítulo 4, e a sua viabilidade ou eficiência, seguiram para implementação no VR Book, com o movimento da mão para mudar o conteúdo da página, manipular o objeto para que a capa fizesse um *reset* das opções do sistema, e o método de aproximação de um objeto do ponto de visão do utilizador com ação no sistema.

5.2 Sessões de ideação apoiadas em protótipos

As sessões de ideação consistiram em os utilizadores experimentarem alguns dos protótipos desenvolvidos para obter mais ideias de outros pontos de vista. Com a participação de utilizadores de diversas áreas, foi possível explorar conceitos com outras dimensões que não são tradicionalmente utilizadas em RV.

Para estas sessões foram escolhidos 3 protótipos com características diferentes (Figura 5.2), com o objetivo de permitir aos utilizadores experimentarem em RV os objetos desenvolvidos e contribuírem com novas ideias para expandir o conceito de RV como é tradicionalmente concebido.

Embora não tendo sido o principal objetivo destas sessões, o *feedback* sobre os protótipos apresentados foi tomado em conta e registado para melhorar os protótipos, identificar problemas, e implementar sugestões apresentadas pelos utilizadores, para a continuidade do seu desenvolvimento da prototipagem.

Os protótipos escolhidos para as sessões de ideação foram:

- Protótipo #9 – Cubos com pesos
- Protótipo #10 – Torre com sino
- Protótipo #11 – Livro multimédia UC

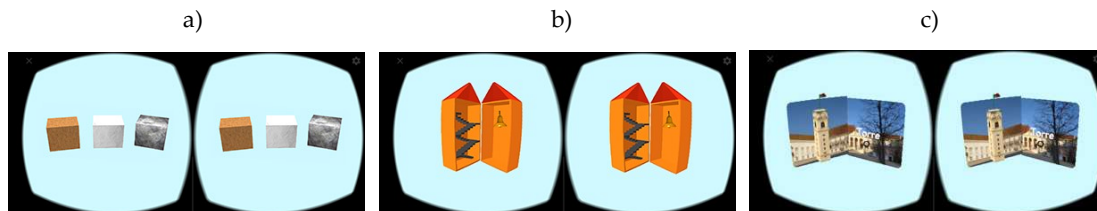


Figura 5.2 – Ambientes virtuais dos 3 protótipos utilizados nas sessões de ideação.

Cada um destes protótipos tem uma característica específica pelo qual foi escolhido, a ordem do processo de ideação permite que o utilizador possa ter a acumulação da experiência com cada protótipo, e poder conceber as ideias que imagina uma utilização com os mesmos.

O Protótipo #9 – Cubos com pesos (Figura 5.2a), permite ao utilizador ter uma dimensão com o peso e a textura que vê no ambiente virtual. O peso é uma dimensão importante nesta investigação, porque é algo que tradicionalmente não existe nos tradicionais sistemas RV, que recorrer a controladores genéricos para interação e o elemento digital não terá qualquer peso nem poderá ser tocado fisicamente. Este protótipo permite que o utilizador possa identificar os objetos apresentados em frente dele e visualizar através das texturas aplicadas à forma, quais os materiais que poderá interagir, que fisicamente têm a mesma forma geométrica e peso realista.

O segundo protótipo apresentado, foi o Protótipo #10 – Torre com sino (Figura 5.2b), que no seguimento do conceito de peso e forma geométrica tangível, permite apresentar um modelo de maior tamanho e com maior peso. Acrescentando duas novas perspetivas, a capacidade de abrir o protótipo para visualizar conteúdos adicionais e o peso através da física, utilizando uma forma como um pêndulo que permite sentir as alterações do centro de gravidade com a manipulação do o objeto.

O terceiro protótipo, o Livro multimédia (Figura 5.2c), permite ter um sistema de rotação do suporte tangível, como se estivesse a usar um livro para consumir e interagir com diversos conteúdos multimédia. Depois de permitir ao utilizador poder sentir como pode tocar fisicamente nos objetos para visualizar os conteúdos, o objetivo do último protótipo é apresentar uma variedade de conteúdos multimédia possíveis em ambientes virtuais, e a possibilidade de interação do utilizador com os conteúdos para explorar os mesmos, obtendo informação adicional.



Figura 5.3 – Participante na sessão de ideação a usar um protótipo com o *headset* RV.

Com o objetivo de selecionar pessoas de diversas áreas profissionais e com diversos níveis de experiência em RV, foram enviados convites para a participação na respetiva sessão para o projeto, ou de forma oportunista recrutando praticantes nos locais onde estava a realizar as sessões. Estas sessões foram realizadas nos locais de trabalho dos próprios utilizadores ou no laboratório do Departamento de Informática da Universidade de Coimbra.

Os requisitos necessários pelos utilizadores para a realização da sessão era apenas um espaço com uma mesa livre para colocação dos objetos e acesso wireless à Internet, tendo cada sessão uma previsão de 15 minutos. As sessões no geral duraram entre 12 a 25 minutos, devido a alguns participantes não terem opinião formada no momento sobre um determinado protótipo, e outros estando mais abertos ao diálogo e transmissão de ideias.

Para a realização da sessão foi seguido um guião, tal como apresentado no Apêndice C. Tendo cada sessão seguido o mesmo procedimento, embora com algumas alterações consoante o decorrer da sessão e questões ou dificuldades dos utilizadores.

Procedimento das sessões de ideação:

1. Preenchimento do formulário com informação pessoal do utilizador (Apêndice D);
2. Explicação do objetivo da investigação e os resultados pretendidos, seguindo o guião do Apêndice C, e iniciada a gravação áudio da sessão;
3. Iniciada a aplicação no *smartphone* do Protótipo #9 e colocado o *headset* RV no utilizador;
4. Colocação na mesa por ordem de sequência os objetos de protótipo, e iniciado o diálogo sobre o protótipo. Após a utilização de cada protótipo, este é retirado e seguindo ao próximo com a aplicação respetiva.
5. Quando todos os protótipos foram experimentados, foi retirado o *headset* RV do utilizador.
6. Colocado na mesa todos os objetos físicos dos protótipos para o utilizador ver os objetos reais;
7. Entrevista no final da experiência das ideias, e terminada a gravação áudio quando concluída a sessão.

Estatísticas sobre os utilizadores das sessões de ideação apoiadas em protótipos

A idade dos participantes estava compreendida entre os 27 e os 55 anos, sendo que a maioria (57%) tinha idade entre os 40 e 49 anos (ver Figura 5.4), com 57% dos participantes do género masculino e 43% do género feminino.

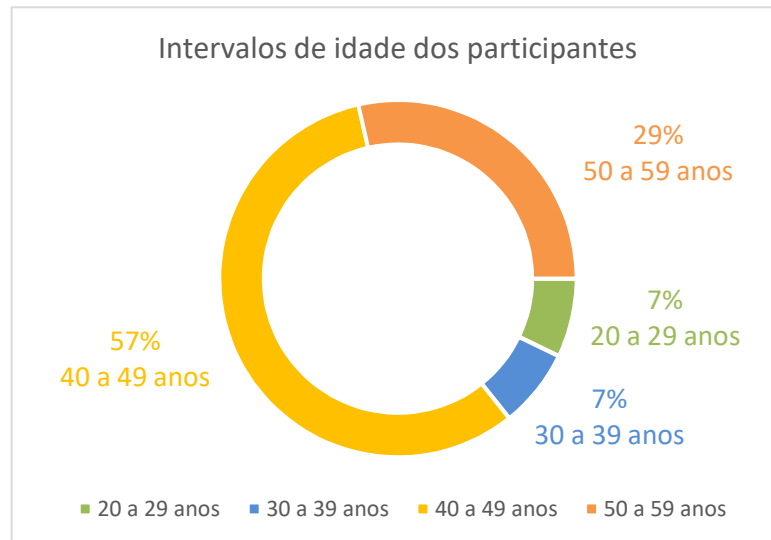


Figura 5.4 – Percentagem de intervalos de idade dos participantes nas sessões de ideação

Para entender melhor os utilizadores que participaram nas sessões de ideação, o gráfico abaixo apresenta a informação do nível de experiência de cada participante. Os níveis de experiência foram divididos em quatro. A percentagem dos níveis de experiência em RV é apresentada na Figura 5.5.

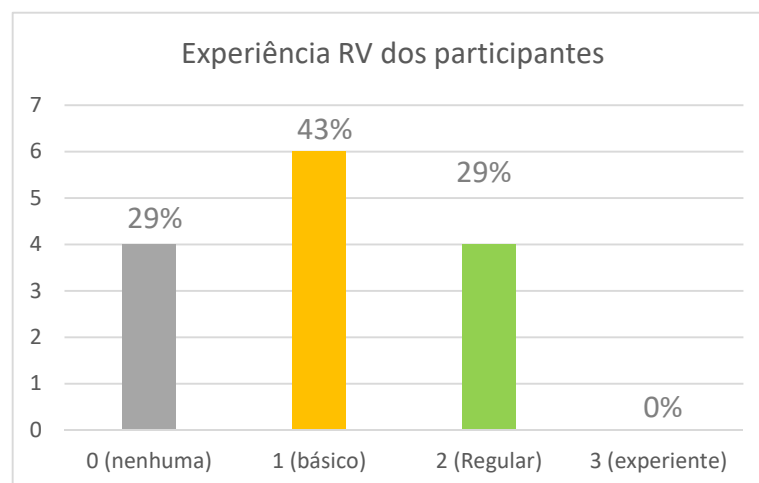


Figura 5.5 – Percentagem da experiência em RV dos participantes nas sessões de ideação.

Níveis de avaliação de experiência em RV:

- Nível 0 – O utilizador não tem qualquer experiência, nunca experimentou nenhum sistema de Realidade Virtual;
- Nível 1 – Considerado básico, porque já terá utilizado pelo menos uma vez um sistema de Realidade Virtual, tipicamente em locais de demonstração ao público;

- Nível 2 – Considerado regular, porque é um tipo de utilizador que já utilizou sistemas de RV várias vezes, portanto está habituado a este tipo de sistemas e terá uma melhor visão das potencialidades dos recursos a objetos tangíveis;
- Nível 3 – Considerado experiente, um utilizador que tem muita experiência na utilização de sistemas de RV, tenha já utilizado durante vários anos, ele próprio seja possuidor de um sistema virtual, ou seja um desenvolvedor de aplicações RV.

Durante estas sessões também foram realizadas entrevistas no final da sessão, com o objetivo de saber a opinião sobre a sua experiência durante a utilização do sistema e protótipos de RV que foram apresentados, e continuar a obter as ideias que daí puderam ser idealizadas. Devido aos sistemas de RV não estarem ainda muito acessíveis ao público em geral, nesse momento os utilizadores estavam a ter uma primeira experiência com ambientes virtuais, e nunca tinham tido uma experiência com objetos tangíveis em RV, portanto estavam num momento de surpresa. Desta forma, alguns dos utilizadores contactaram posteriormente através de e-mail, dando respostas da entrevista com outras ideias que lhes foram surgindo depois da experiência apresentada na sessão.

Com um total de 14 sessões realizadas, permitiu obter ideias através dos protótipos apresentados, que permitiam explorar novos conceitos através de tangíveis passivos, e dessa forma ajudar a caracterizar o espaço de design para um protótipo de RV. A informação recolhida e registada nestas sessões é apresentada no Apêndice F.

5.3 Diagrama de afinidade

Esta sessão teve como objetivo a criação de um diagrama de afinidade para organizar em grupos a elevada quantidade de ideias geradas. Este método foi utilizado para organizar e descobrir grupos e a ligação entre as ideias e desse modo entender como diversas ideias estão ligadas ou podem ser conjugadas com outras.

A técnica do género de “Card Sorting” foi utilizada após as sessões de ideação e entrevistas realizadas com os utilizadores conforme descrito no ponto 5.2, em que o objetivo foi agrupar as diversas ideias recolhidas nas sessões de ideação, conforme apresentadas no Apêndice F, mas também com as ideias recolhidas nas sessões de brainstorming e entrevistas realizadas durante o processo de design. A sessão foi realizada no Departamento de Engenharia Informática da Universidade de Coimbra, com a participação do Jorge Ribeiro e o Eng. Jorge Cardoso.

O processo foi realizado através da distribuição de cartões numa mesa, com cada cartão a conter cada ideia existente. Com todas as ideias colaborativamente distribuídas pela superfície da mesa, foram organizadas de forma a formarem categorias de ideias de alguma forma relacionadas entre si (Figura 5.6). Durante o processo, foram sendo atribuídos nomes a estas categorias, e esses nomes alterados sempre que se julgasse conveniente, enquanto se podiam mover cartões para os novos grupos onde melhor se enquadravam. Nesta fase não se tentou alinhar as categorias nem se tentou que elas representassem todas o conceito no mesmo nível.

Este processo e da criação de possíveis tópicos de grupos, permitiu a geração de novas ideias, as quais foram escritas em novos papéis e associados aos grupos existentes. Este procedimento permitiu uma melhor organização do “espaço de design” do projeto, e assim continuar a possibilidade das características de conteúdos e interação para ideias aplicadas

a ambientes de RV. O resultado da organização de ideais com esta sessão é apresentado na sua extensão no Apêndice G.



Figura 5.6 – Mesa com os cartões das ideias geradas nas sessões de ideação e *brainstorming*.

Tópicos de grupos de ideias geradas na sessão de *card sorting*:

- Características físicas de objetos
- Objeto como input do sistema
- Modalidade de output associada à manipulação do objeto
- Objetos tangível como proxy do conteúdo manipulável
- Objetos ativos e dinâmicos num suporte digital
- Objeto com várias camadas
- Objetos reconfiguráveis
- Interação mágica
- Comportamentos genéricos
- Objetos fixos

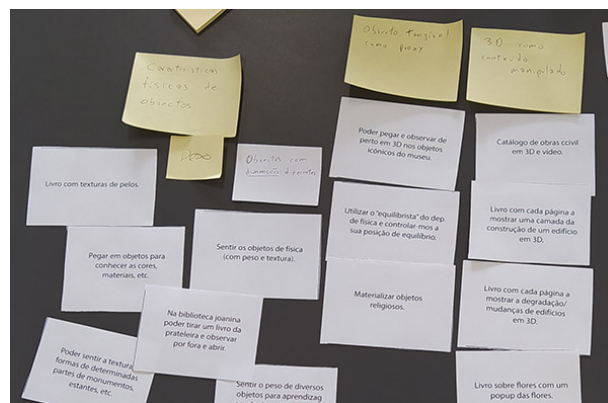


Figura 5.7 – Cartões de um grupo de ideias do diagrama de afinidade.

É técnica permitiu entender como diferentes tipos de utilizadores idealizam como utilizar este tipo de sistema de RV e que tipos de conteúdos e informação esperam encontrar quando em ambientes virtuais, mas também explorar novas formas de utilizar objetos tangíveis em RV e desenvolver novos protótipos.

5.4 Dimensões do espaço de design

Baseado nas ideias recolhidas e organizadas nas sessões durante a investigação deste projeto, foi categorizado um espaço de design através de múltiplas dimensões. O termo "dimensões" é o mesmo que "perguntas" do método de (MacLean, Young, Bellotti, & Moran, 1991), em que as dimensões são categóricas, cada uma com um conjunto de características dentre as quais um designer pode escolher.

A Tabela IV sumariza algumas características para possíveis características que um espaço de design pode ter em RV. Estes grupos de categorias surgem dos resultados das possíveis ideias organizadas no diagrama de afinidade, criando dessa forma uma tabela, que possibilita a um designer poder conhecer diversas possibilidades que possam ser cruzadas para desenvolvimento de projetos, em que os resultados da tabela são apresentados através de 3 categorias principais: Exemplos, Dimensões, Opções. As "ideias" refere-se às ideias recolhidas (Apêndice G) ou desenvolvidas através protótipos apresentados no Capítulo 4, sendo estas apresentadas através de duas colunas, onde a primeira coluna identifica o grupo na qual está inserida, e a segunda coluna identifica o número conforme descrita no Apêndice G. A barra horizontal no topo da tabela refere-se às "dimensões" possíveis neste espaço de design, que contém as características que as ideias poderão ter. A coluna do lado esquerdo, representa opções correspondente a cada uma das ideias indicados. Estas opções foram escolhidas de forma a criar grupos relacionados com o tipo de produto no qual seria distribuído no mercado, a fim de identificar genericamente qual o público alvo para o qual é direcionado ou da forma como seria utilizado, como educação, entretenimento, informação, publicidade, formação, trabalho, comunicação ou vários, que pode envolver mais do que uma opção.

As opções do espaço de design permitem identificar características específicas que podem ser aplicadas aos exemplos. Estas opções permitem entrar em maior pormenor no grupo de exemplos em que estão inseridas, as quais apresentadas na tabela, são explicadas abaixo.

Característica física relevante

Esta opção reflete que características físicas do objeto tangível são consideradas mais importantes para a experiência de RV. Em algumas situações, por exemplo, o mais importante pode ser fornecer a possibilidade de o utilizador sentir uma determinada textura no objeto independentemente do peso, tamanho ou geometria do objeto. Esta opção pode tomar valores como: tamanho, geometria, peso, textura, temperatura, cheiro.

Tamanho – O tamanho físico dos objetos tangíveis ou dos padrões visuais aplicados. Esta opção pode ter interação com o "peso", mas considera principalmente o contacto háptico/táctil do utilizador com o objeto. Por exemplo, um objeto pequeno poderá ser completamente segurado com apenas uma mão, um objeto grande poderá requerer ambas as mãos ou até um suporte externo. Um objeto com tamanho grande permitirá ao utilizador tatear a sua superfície com a mão ou até estabelecer contacto com todo o seu corpo.

Peso – Para objetos de tamanho pequeno ou médio que o utilizador possa pegar, o peso pode ser uma opção importante a considerar de forma a manter a consistência entre o objeto virtual e o peso sentido ao manipular o objeto físico. O peso de um objeto permite que o utilizador ter uma experiência correspondente ao esperado com o conteúdo visualizado no ambiente virtual. O peso do objeto pode afetar o dinamismo entre os diferentes objetos disponíveis no espaço, conforme explorado no Protótipo #9 – Cubos com pesos, estes objetos têm o mesmo tamanho, mas pesos diferentes.

Textura – A textura da superfície dos objetos tangíveis permite ampliar a experiência tangível do utilizador. As texturas aplicadas ao objeto físico poderão ser reais ou simuladas, cujo objetivo é fornecer ao utilizador um contacto reconhecível com o objeto que visualiza no ambiente RV. No ambiente virtual, esta textura poderá ser representada através de imagem ou modelos 3D.

Temperatura – A temperatura que um objeto tem, pode estar relacionada com o conteúdo visualizado no ambiente virtual. O objeto poderá ter uma temperatura alta, em que o utilizador visualiza fogo em VR, ou ter uma temperatura baixa, em que o utilizador visualiza gelo. As temperaturas poderão ser atribuídas aos objetos ou ao espaço em que o utilizador está presente.

Cheiro – Os objetos poderão expelir diferentes aromas, que estão relacionados com o conteúdo que o utilizador visualiza no ambiente virtual. Para permitir que o utilizador possa fazer uso do sentido (olfato), os aromas poderão estar aplicados a objetos ou no espaço, em que a manipulação dos objetos ou o movimento no espaço, poderão aumentar ou diminuir a intensidade dos aromas, ou diferentes tipos de aromas existentes.

Função principal do objeto tangível

Esta opção identifica qual a função do objeto tangível, que utilizar pode utilizar como um meio de manipular o conteúdo virtual, ou utilizar o objeto forma de afetar o estado do sistema através de introduzir informação, ou para visualização de conteúdos ou estado do sistema. Esta opção pode tomar valores como: *proxy*, Controlador (*input*), Display (*output*).

Proxy – O objeto é utilizado como elemento físico para controlar a visualização do elemento virtual que pretende “simular” outros objetos físicos concretos, sendo o mais aproximados possível desses outros objetos. Por exemplo, no caso do livro virtual, na opção "proxy" as semelhanças entre os objetos são particularmente importantes (tamanho, peso, forma de manipulação, etc.).

Controlador (Input) – O objeto permite ser manipulado para fazer alterações no sistema. O utilizador pode ter a capacidade de utilizar o objeto através da sua posição, rotação ou movimentos, para interagir com o sistema ou escolher possíveis conteúdos multimédia.

Display (Output) – O objeto é utilizado como suporte para visualização de conteúdos. Os conteúdos multimédia possíveis serão apresentados através (ou relativamente) aos objetos associados ao sistema, permitindo ao utilizador manipular os objetos para escolher a perspetiva com que vê os conteúdos.

Modalidade de output

Esta modalidade refere-se aos conteúdos que o utilizador poderá ter acesso através do objeto como meio de output, podendo ser visualizados em 2D ou 3D, ser estáticos ou em sequência, mas também podendo ser escutados. Esta opção pode tomar valores como: imagem, áudio, vídeo, 3D.

Imagem – O conteúdo apresentado ao utilizador é sob a forma de imagem 2D. Este poderá ser aplicado na simulação da superfície tangível ou distribuído no espaço.

Áudio – Utilizado a capacidade de reprodução de áudio para a comunicação da informação, seja através de sons, música, voz, etc. Esteja este associado a um conteúdo vídeo ou não, reproduzido automaticamente o com a interação do utilizador.

Vídeo – Reprodução de conteúdos de vídeo, que poderão ser apresentados no espaço.

3D – Utilização de modelos tridimensionais, cuja modelação pode ser apresentada através de formas geométricas primitivas ou construções complexas com polígonos.

Mobilidade do objeto

Esta opção reflete a capacidade de o objeto poder ser movido pelo utilizador ou ser um objeto que está fixo no espaço. Nalgumas situações, é essencial que o utilizador manipule os objetos para fins de visualização ou interação, mas um objeto poderá ser demasiado grande e apenas para ser usado como referência do espaço, como por exemplo uma mesa ou uma parede, o mais importante seria fornecer a informação da posição do objeto físico. Esta opção pode tomar valores como: inamovível, móvel.

Inamovível – O padrão visual é aplicado em objetos inamovíveis que estão fixos no espaço, tais como uma porta, parede, chão, teto, cujo objetivo é mostrar os conteúdos relativos a essas posições, sem que as mesmas possam ser transportadas pelo utilizador.

Móvel – O padrão visual é aplicado a objetos que o utilizador pode manipular ou transportar. Estes objetos podem ser protótipos desenhados especificamente para interação com o sistema, ou objetos existentes no espaço cujo utilizador tem a capacidade de o mover para manipulação dos conteúdos no ambiente virtual, tal como cadeiras, mesas, caixas, ou outros objetos existentes no espaço a que sejam aplicados os padrões visuais para o utilizador os identificar virtualmente.

Tipo de objeto

Esta opção permite identificar consequências quando o utilizador manipula ou tenta interagir com um objeto, podendo estes ser utilizados independentemente ou serem conjugados, ou terem a capacidade de serem utilizados para interagir com o sistema através do seu estado. Esta opção pode tomar valores como: reconfigurável, não reconfigurável, ativo, passivo, dinâmico, estático.

Reconfigurável – Objeto que tem a capacidade de ser alterado durante a interação no ambiente para o qual foi desenvolvido. Esta capacidade permite dar ao utilizador uma interface mais livre na exploração do sistema, podendo configurar o objeto. O utilizador poderá ter a capacidade de ser transformado através de pontos de rotação físicos, sistemas de encaixe, liberdade na conjugação de partes, etc.

Não reconfigurável – Não tem a capacidade de ser alterado para a interação no ambiente para o qual foi desenvolvido.

Ativo – O objeto tem uma componente computacional embebida e, portanto, é capaz de se auto-reconfigurar, como por exemplo alterar o marcador visual associado a si próprio.

Passivo – É um objeto passivo, sem qualquer componente computacional incorporada.

Dinâmico – É um objeto em que podemos alterar o marcador associado, por exemplo um *slider* que permite gerar um padrão diferente conforme o seu movimento.

Estático – O objeto que é sempre igual, com o mesmo padrão do marcador visual, que nunca é alterado durante a interação.

Interpretação

O espaço de design dos tangíveis em RV, pode incorporar o espaço de design de TUI, e dessa forma baseia-se nas propriedades apresentadas por (Ullmer & Ishii, 2000) e James Milton Carroll (Carroll, 2002). Estas propriedades podem tomar valores de: espacial, relacional, construtiva, relacional, associativa.

Espacial – As configurações espaciais de objetos físicos são diretamente interpretadas e aumentadas pelo sistema subjacente.

Relacional – A sequência, adjacências ou outros relacionamentos lógicos entre sistemas de objetos físicos, são mapeados para interpretações computacionais.

Construtivo – Montagem de elementos modulares da interface, geralmente conectados mecanicamente em modos análogos.

Associativa – A informação digital pode ser associada aos artefactos TUI.

Métodos de acoplamento

A capacidade relacionar a informação digital pode ser feita através de diversas formas. (Holmquist, Redström, & Ljungstrand, 1999) exploram a utilização de alguns conceitos para tornar acessível esta característica, poderão ser distinguidas para melhor descrever o objetivo do seu acoplamento para o sistema. Esta opção pode tomar valores como: contentores, *tokens*, ferramentas.

Contentores – Objeto genérico que pode ser associado a qualquer tipo de informação digital.

Tokens – Quando da informação digital associada ao objeto é refletiva nas propriedades físicas do objeto de alguma forma, tornando o objeto mais intimamente ligado à informação que representa.

Ferramentas – Objetos usados para manipular ativamente informações digitais, geralmente representando algum tipo de função computacional.

Capítulo 6

VR Book

Neste capítulo é descrito o desenvolvimento de um livro virtual, intitulado de “VR Book”. Com as várias ideias exploradas através de protótipos no Capítulo 4, foi optado por desenvolver um objeto em formato de “livro”, que permite apresentar diferentes conteúdos multimédia, ou diferentes temas como o mesmo suporte tangível.

Para o conceito do VR Book foram exploradas diversas formas do livro físico e dos conteúdos digitais. No primeiro conceito do objeto físico, foi utilizada uma forma quadrada com uma rotação das páginas através de argolas que permitia rodar as páginas. Com este formato foram testados diversos conteúdos e formas de interação, recorrendo a conteúdos do projeto Santa Cruz, e sobre a Universidade de Coimbra. Com a identificação de problemas e aspetos para evoluir, na segunda versão do livro, a versão principal, foi criado um novo formato, e implementados diversas formas de interação. Com o novo formato e as formas de interação com o objeto físico, permitiram a implementação dos conteúdos do ambiente virtual cujo utilizador poderia visualizar e interagir.

O livro virtual, fisicamente funciona como um livro tradicional, mas tendo em cada página marcadores visuais para fazer o rastreamento da posição e rotação das páginas para apresentação dos conteúdos digitais no ambiente virtual. Com a possibilidade de utilizar de diferentes temas com o mesmo objeto, permite uma maior versatilidade e abrangência dos utilizadores que poderão ter interesse em usar o produto, com uma experiência reconhecível e associativa, mesmo para aqueles sem experiência em RV.

6.1 VR Book inicial

Nesta primeira versão, a construção do objeto foi feita recorrendo a placas de cartolina de alta gramagem, para que estas possam suportar de forma estável o marcador visual com o padrão visual. Estas placas formam cortas num formato quadrado, tendo sido utilizadas 4 placas que podem ter aplicadas 8 marcadores, um de cada lado da folha, que através da furação num dos lados da cartolina, permitiu que estas possam ter uma rotação sobre um eixo com recursos a uma argola metálica e assim dispor a ambos os marcadores visuais nos dois lados das cartolinas, conforme apresentado na Figura 6.1.



Figura 6.1 – Placas de cartolina furadas e com marcadores aplicados e argola metálica.

Com o resultado dos problemas identificados no protótipo #2 do Capítulo 4, nesta fase de desenvolvimento, os padrões visuais foram reduzidos com a finalidade de encontrar uma relação entre o tamanho do padrão e o tamanho da área da página em relação ao qual serão apresentados os conteúdos em RV. A relação entre o tamanho do marcador e o tamanho da página (Figura 6.2), resulta na estabilidade dos conteúdos apresentados durante a utilização do protótipo, com a menor probabilidade da ocorrência de erros.

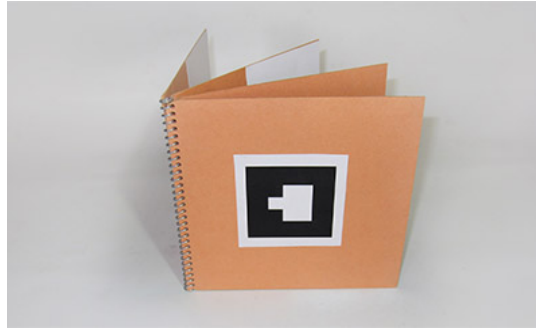


Figura 6.2 – Protótipo do livro virtual construído com os marcadores aplicados.

O próximo desenvolvimento do protótipo envolveu a continuidade da investigação de interação que este sistema de RV, mas com o objetivo de manipulação de conteúdos, explorando possibilidades de interação que poderiam ser usados para conteúdos específicos, como controlar ou aceder a outros conteúdos através da posição das páginas, portais que permitem ligar a ambientes adicionais, ou exploração em maior pormenor de modelos 3D.

Em colaboração com o Projeto Santa Cruz, com sede no Centro de Estudos Sociais (CES) da Universidade de Coimbra e no Departamento de Arquitetura (DARQ) da Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCTUC) da mesma universidade, que tendo com um dos objetivos realizar a reconstituição digital do Mosteiro de Santa Cruz de Coimbra em 1834, cedeu alguns dos conteúdos até à data produzidos para a criação de uma sequência de conteúdos digitais para utilizar com o protótipo do livro virtual.

Com diversos conteúdos digitais no âmbito de RV e com o espaço de design caracterizado com diversas dimensões (Tabela IV), foi criado um protótipo que tirasse partido da capacidade tangível na manipulação do protótipo para visualização e consumo da informação sobre Santa Cruz, num ambiente virtual. Os conteúdos para o desenvolvimento do livro virtual foram divididos em 4 tipos: estático, vídeo, ligação e modelo 3D.

Estático

O conteúdo apresentado na “capa” do livro, o primeiro marcador visual do livro, apresenta uma imagem da renderização 2D do Mosteiro de Santra Cruz, acompanhado pelo título referente ao objetivo do Projeto Santa Cruz, que identifica o tipo de livro que o utilizador está a ver, como demonstrado na Figura 6.3. A manipulação do objeto tangível permite ao leitor aproximar a página do livro para uma melhor leitura dos textos apresentados, mas também a inclinação do objeto permite a rotação nos 3 eixos no ambiente virtual, na qual provoca que a simulação da direção da luz afete a iluminação da superfície da página.



Figura 6.3 - Livro virtual com título e renderização 2D do Mosteiro de Santa Cruz.

Vídeo

Na secção do conteúdo de vídeo, a reprodução do vídeo é feita automaticamente quando a página é “aberta”, e colocado em pausa quando esta deixa de estar visível pela câmara. Este método permite ao utilizador visualizar e ouvir um conteúdo audiovisual apenas quando está nessa página específica (Figura 6.4).



Figura 6.4 – Livro virtual com reprodução de vídeo e respetivo áudio sobre Santa Cruz.

Ligação

Para explorar a capacidade de visualização de ambientes 360° com óculos RV, foi criada uma página que permite ao utilizador escolher quando quer “entrar” num determinado ambiente. Através da simulação de um “portal” (Figura 6.5), o utilizador aproxima a cabeça do portal como se estivesse a entrar na esfera, e dessa forma entrar no ambiente 360° que esta representa. Após entrar no novo espaço 360° (Figura 6.6), pode explorar em toda a volta o espaço que optou em entrar, podendo sair do espaço ao aguardar um tempo limitado ou voltando a colocar o livro próximo do seu campo de visão.



Figura 6.5 – Livro virtual com ligação para ambiente 360° sobre a Capela de Santa Cruz.



Figura 6.6 – Visualização de imagem 360º da capela de Santa Cruz com *headset*.

Modelo 3D

O modelo 3D apresentado nesta fase do protótipo utiliza um modelo com maior detalhe. O modelo 3D utilizado é a torre do Mosteiro de Santa Cruz, que é apresentada sobre a página do livro, e o utilizador pode manipular o objeto e visualizar a torre em toda a sua volta, ou aproximar o objeto do *headset* para observar de perto os pormenores do modelo. Na outra página é apresentado um modelo mais simples, mas que permite ao utilizador visualizar um modelo 3D da planta onde a torre se insere.

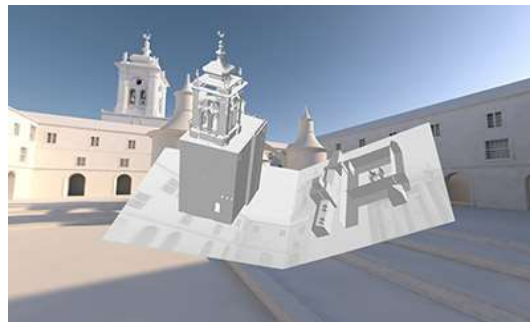


Figura 6.7 – Livro virtual com modelos 3D sobre o Mosteiro Santa Cruz.

6.2 VR Book Universidade de Coimbra

Nesta versão do VR Book, foi utilizado o mesmo formato físico do livro que a versão anterior, mas foi desenvolvido um ambiente com interação baseada no olhar. Foram desenvolvidos conteúdos relacionados com o tema “Universidade de Coimbra”, de forma a aumentar a possibilidade da exploração de novas formas de interação no ambiente virtual, onde permite ao utilizador fazer alteração aos conteúdos digitais.

Para cada uma das 8 páginas foram desenvolvidos conteúdos multimédia que permitiam uma experiência no consumo da informação relativos à Universidade à Universidade de Coimbra. Conforme apresentado na Figura 6.8, a sequência de imagens permite associar conteúdos adicionais para a interação.

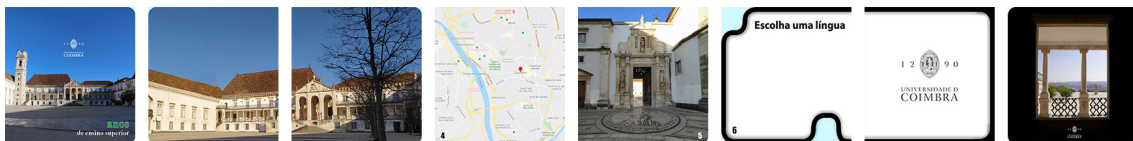


Figura 6.8 – Imagens aplicadas a cada página do livro virtual com conteúdos da Universidade de Coimbra.

Em cada página foi utilizado um tipo de conteúdo específico, mais interativo ou dinâmico, de forma a verificar o nível de interesse que poderia ter para o utilizador. Tendo sido utilizado imagem, movimentos animados, modelo 3D, mudar estados da imagem, som e vídeo. O utilizador tem disponível um suporte tangível, que em RV poderá visualizar conteúdos multimédia dinâmicos, que poderão ser ativados com a interação. Esta interação é feita através do olhar, que através de uma marca que representa o ponteiro, o utilizador utiliza como forma de indicar com o que pretende interagir ao mover o olhar na direção específica do elemento virtual.

Conteúdo dinâmico

A página 1, a capa apresenta uma imagem estática do Paços das Escolas da Universidade, onde o texto de título e tema, são apresentados através de imagens em planos separados, dando assim profundidade na visualização. Sendo que no canto da página, é apresentado os números que referem os “730” anos da Universidade, de forma animada com movimento vertical rotativo, conforme demonstrado na Figura 6.9. Esta introdução do utilizador ao livro, mostra-lhe que o livro virtual permite utilizar conteúdos dinâmicos e animados, e assim despertar o interesse pelo resto do livro.



Figura 6.9 – Página do livro com conteúdos dinâmicos e animados.

Interação com modelo 3D mapeado

A página 2 e 3, apresenta conteúdos 3D que faz com que o utilizador tire partido do suporte tangível para a manipulação do objeto tridimensional, mas que também permite a interação para reprodução de som.

É apresentado um modelo 3D com a imagem com a imagem da torre da universidade em toda a volta, e no topo um mastro com a bandeira que faz com que este elemento fique fora da área da página, conforme demonstrado na Figura 6.10. Através da manipulação do suporte físico, o utilizador pode mover o modelo 3D e aproximar da sua visão, para explorar à sua volta, enquanto na página do lado direito é apresentado o nome “torre” através de texto também como um modelo 3D.

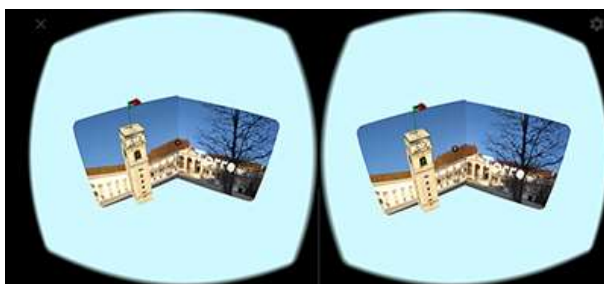


Figura 6.10 – Página do livro com conteúdos de modelos 3D.

Através da identificação de um “ponteiro”, é reproduzido um conteúdo áudio do sino da torre a tocar por breves segundos. Desta forma, sempre que utilizadores passar o olhar na direção do modelo, tem como experiência auditiva, um som associado do modelo em questão, com o objetivo de aumentar o interesse na interação com o livro virtual.

Interação para mudar conteúdos

Na página 4, foi explorado a utilização dos conteúdos através de diversos planos, com a capacidade de interação do utilizador para alteração dos mesmos. Os conteúdos são apresentados em planos 3D, onde o utilizador muda o conteúdo visual conforme o direcionamento do olhar sobre o mesmo. Os conteúdos utilizados são relativos a cada uma das 8 faculdades da Universidade de Coimbra, que através de um mapa localiza cada faculdade através um ícone com as letras que referem a faculdade e uma linha que identifica a posição no mapa. O utilizador pega no suporte físico para manipular a posição dos conteúdos, e quando o olhar é direcionado para um dos ícones, o conteúdo altera para a imagem da respetiva faculdade, apresentando assim o conteúdo fotográfico da faculdade que pretende obter mais informação, conforme demonstrado na Figura 6.11.

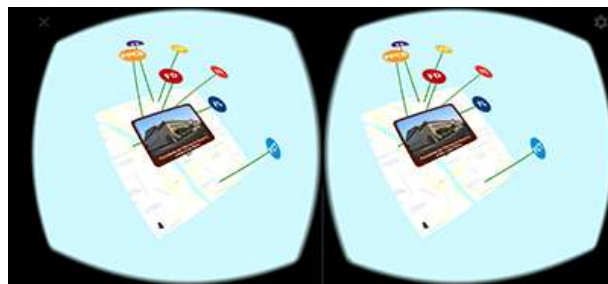


Figura 6.11 – Página do livro com interação para alteração dos conteúdos.

Interação para reprodução áudio

Na página 6 foi continuada a exploração da interação através do olhar, neste exemplo, o utilizador tem diversas opções identificadas através da imagem de uma bandeira específica, que irá permitir reproduzir um texto sobre a universidade, conforme apresentado no Apêndice E.

É apresentado na página do livro, a imagem da bandeira de Portugal, Reino Unido e Espanha, conforme apresentado na Figura 6.12, e quando o utilizador posiciona o ponteiro sobre o ícone, será reproduzido o texto sobre a Universidade de Coimbra na respetiva língua tradicional do país representado pela imagem. Esta forma de interação, permite ao utilizador fazer as suas próprias escolhas e obter os conteúdos conforme a sua preferência.

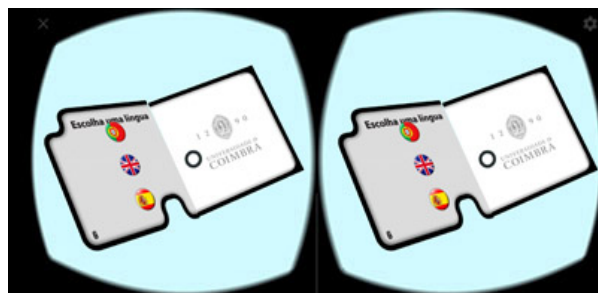


Figura 6.12 – Página do livro com opções para reprodução de conteúdos áudio.

Visualização de vídeo

Na página 7 é utilizado o conteúdo de vídeo, mas conforme identificado nos testes de usabilidade durante o desenvolvimento, o vídeo foi aplicado na página inteira. O vídeo contém uma sequência de planos filmados na Universidade de Coimbra, sendo este conteúdo reproduzido de forma cíclica.

A aplicação do conteúdo do vídeo na totalidade da página do livro, conforme demonstrado na Figura 6.13, permite uma fácil visualização do mesmo, em que a experiência tangível pela relação entre o tamanho da página virtual e o tamanho da página física, e tentar que a experiência seja imersividade com o sentimento de estar a pegar no vídeo.

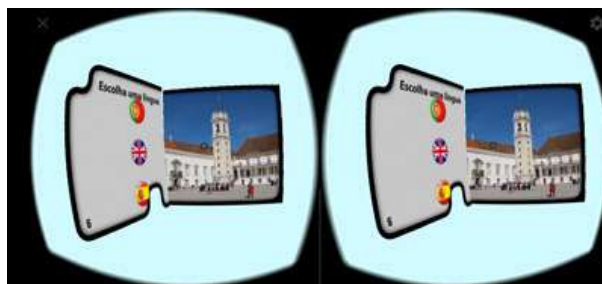


Figura 6.13 – Página do livro com conteúdo de vídeo.

Interação para ativar animação

Na página 8, o verso do livro, foi explorada a interação com o olhar do utilizador para ativar a animação de elementos tridimensionais. Através de uma imagem com uma fotografia de uma janela com vista para o pátio da universidade, esta inicia com 2 elementos 3D que ocultam o conteúdo da fotografia, mas quando o utilizador direciona o ponteiro através do olhar para esses mesmos elementos, permite iniciar a animação num movimento rotativo que revela o conteúdo, conforme apresentado na Figura 6.14.

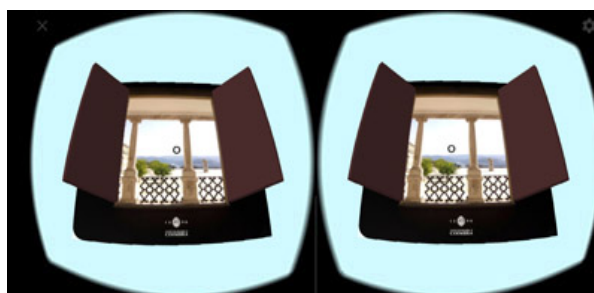


Figura 6.14 – Página do livro com animado através da interação do utilizador.

Este desenvolvimento teve como objetivo explorar o recurso de diversos conteúdos multimédia que podem ser utilizados através desta *framework* para um ambiente virtual, com as formas interação caracterizadas no Espaço de Design (Tabela IV). Esta fase do desenvolvimento do protótipo, foi utilizado no teste de usabilidade, conforme descrito no Capítulo 7, com o objetivo de obter as expectativas dos utilizadores relativamente a interação e conteúdos em ambientes virtuais.

6.3 VR Book Mosteiro de Santa Cruz

Através do *feedback* dos utilizadores nos testes de usabilidade, conforme apresentados no Capítulo 7.1, e da avaliação dos métodos de interação com um livro virtual, conforme apresentados no Capítulo 7.2, esta fase do desenvolvimento do “VR Book” teve como influência a informação recolhida dos utilizadores.

O sistema “VR Book” foi dividido em 2 partes, o livro virtual e o ambiente virtual. O livro virtual utiliza um objeto físico manipulável pelo utilizador, e que é composto pela capa, uma página física com os conteúdos do livro que é mudado por uma interação do utilizador, e uma segunda página onde o utilizador pode interagir com os objetos para alterar o ambiente virtual no qual está inserido. A segunda parte, o ambiente virtual, é o espaço no qual o utilizador está inserido, onde são apresentados os conteúdos resultantes da interação com o livro virtual, que apresenta o conteúdo virtual associado ao objeto tangível, mas também apresenta os conteúdos digitais dispostos no ambiente virtual.

Espaço virtual

O ambiente virtual, utiliza uma grelha para representar o espaço genérico no qual o utilizador se encontra inserido. Este espaço genérico pode ser usado para diversos conteúdos, que são preenchidos com os conteúdos correspondente ao livro em questão.

Este espaço utiliza 4 elementos, a cúpula que envolve o utilizadores e todo o espaço 360º, o chão através de uma forma circular para representar o espaço, uma televisão com um suporte vertical fixo no chão, no qual são apresentados os vídeos com a informação dos conteúdos escolhidos no livro, e um suporte em forma de caixa no qual são apresentados conteúdos através de modelos 3D, como demonstrado na Figura 6.15.

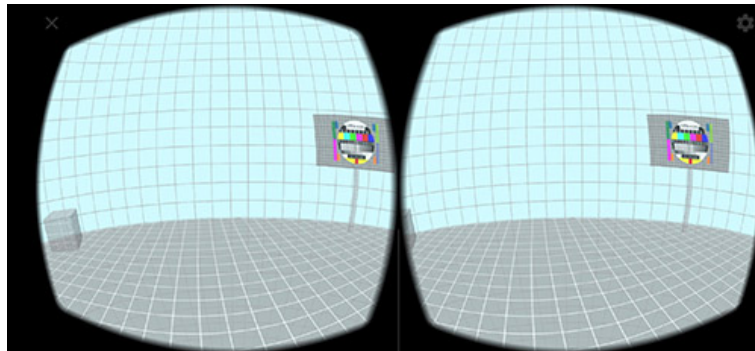


Figura 6.15 – Espaço genérico no ambiente virtual no VR Book.

Mãos do utilizador

Devido à necessidade de o utilizador identificar a posição das mãos no ambiente virtual, para interação com o livro virtual, foram desenvolvidos dois objetos para serem colocados em cada uma das mãos. Estes elementos consistem em dois objetos com um orifício circular que permite ser colocado no dedo polegar, com um marcador visual fixado, como demonstrado na Figura 6.16.

Estes objetos quando aplicados nos dedos do utilizador permitem o rastreamento dos marcadores nos quais estão aplicados, de forma que o utilizador possa identificar no ambiente virtual a posição e rotação das suas mãos em relação ao livro Virtual. Este foi um problema identificado durante as sessões de ideação, onde os utilizadores que participaram nas sessões, comunicaram a necessidade de identificar a posição das mãos em relação aos objetos apresentados no espaço, com os quais necessitam de interagir.



Figura 6.16 – Objetos com marcadores para representação das mãos aplicados nas mãos do utilizador

Conforme explorado no Protótipo #18 – Rastreamento dos dedos, para esta aplicação foi criado um marcador do tamanho semelhante aos restantes apresentados no objeto, onde a sua representação virtual é feita através de modelos 3D que retratam “mãos”. Tal como demonstrado na Figura 6.17, o utilizador irá visualizar as mãos virtuais com a posição, rotação e distância dos movimentos das suas próprias mãos, permitindo que o utilizador possa interagir de forma eficaz com o livro virtual e os métodos de interação que nele são apresentados.

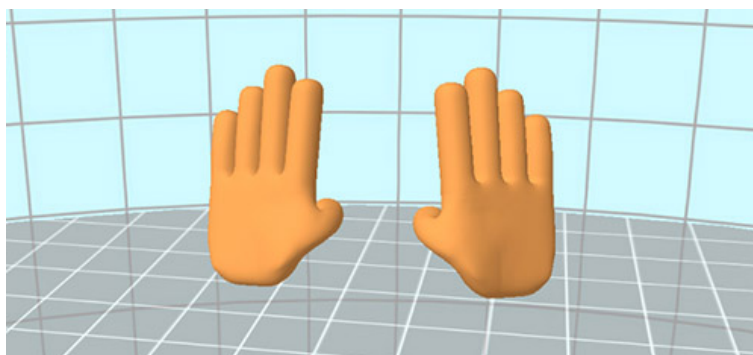


Figura 6.17 – Representação das mãos do utilizador no ambiente virtual do VR Book.

Capa

A identificação da posição das páginas para o rastreamento, foi feito através de um único marcador visual, centrado na página do objeto físico, conforme apresentado na Figura 6.18.



Figura 6.18 – Capa do objeto tangível do VR book

O tamanho escolhido para o marcador, tem um tamanho que permita um rastreamento com definição suficiente para minimizar as oscilações, mas que também tenham um tamanho que possa ser usado para os restantes marcadores aplicados em outras partes do livro, que são necessários para a experiência.

O conteúdo digital apresentado no ambiente virtual, apresenta uma superfície com o mesmo tamanho do objeto físico, sendo este identificado com os textos “VR book” e “Mosteiro de Santa Cruz Coimbra”, através de modelos 3D de texto, que identifica o título e tema do objeto em questão. Por trás do elemento 3D que representa a superfície da página do livro, são apresentados diversos planos que representam a quantidade de páginas existentes no livro.

Conforme o feedback recebido durante as fases de testes do protótipo com os utilizadores, que diziam que deveria haver mais dinamismo ao livro, foi utilizado um modelo simples da torre de Santa Cruz, com texturas representativas do mesmo, que estão em rotação (Figura 6.19). Este conteúdo permite ao utilizador facilmente ler o tema numa constante rotação, demonstrando a possibilidade de conteúdos 3D, dinâmicos e animados, que são possíveis em ambientes virtuais.

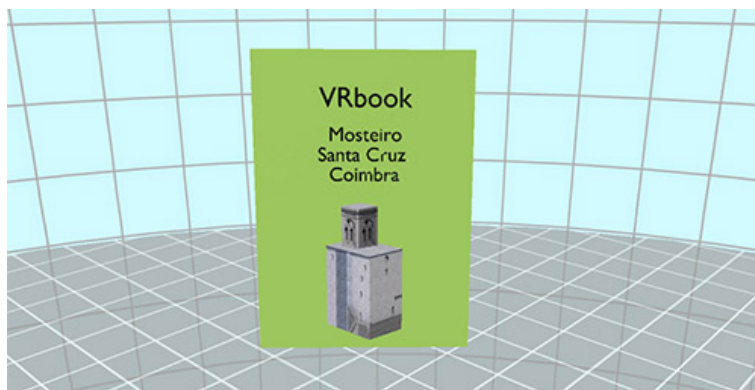


Figura 6.19 – Capa do VR book no ambiente virtual

Em conjugação com os marcadores que possibilitam o rastreamento das mãos do utilizadores, o utilizador consegue identificar visualmente em que partes do livro está a pegar, e os limites físicos que este têm, assim podendo manipular e mudar para as páginas seguintes do VR book, conforme demonstrado na Figura 6.20.

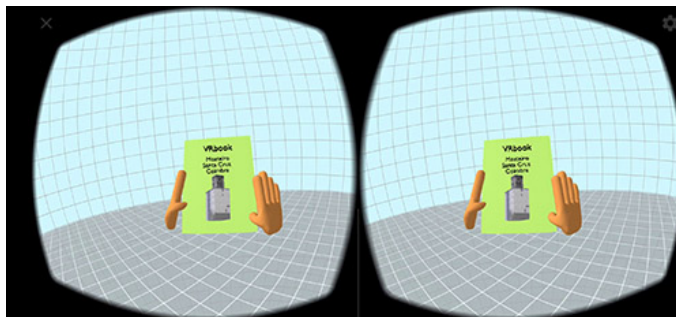


Figura 6.20 – Capa do VR book no ambiente virtual a ser manipulada pelo utilizador.

Conteúdos

A primeira secção de conteúdos multimédia do VR book permite ao utilizador escolher entre os diferentes conteúdos para reproduzir um vídeo e mostrar o respetivo elemento 3D apresentado no espaço virtual.

Nesta secção do livro, são utilizados 2 marcadores centrados em cada uma das partes do livro, para fazer o rastreamento independente de cada uma das partes do livro (Figura 6.21.), e utilizar como referencia a apresentação dos conteúdos no ambiente virtual.

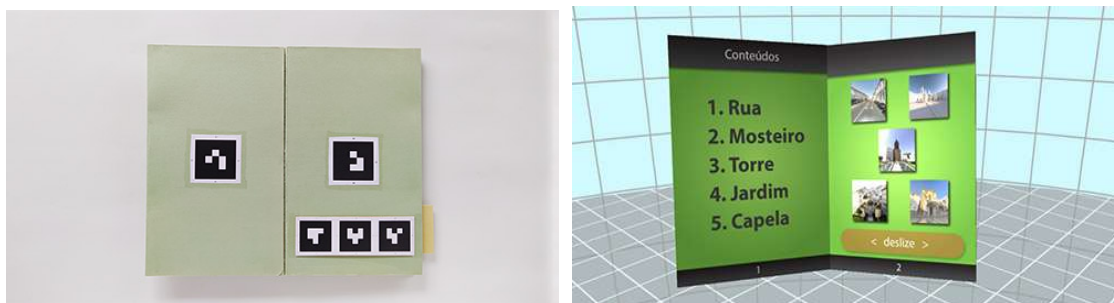


Figura 6.21 – Página dos conteúdos 3D e vídeos do VR book.

Na Figura 6.22 é demonstrado o resultado dos elementos apresentados no espaço virtual, e da manipulação do VR book.

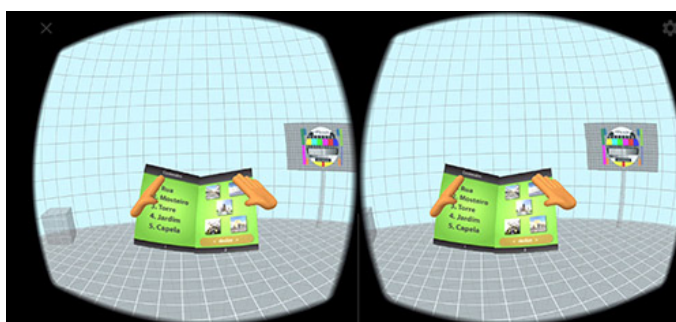


Figura 6.22 – Página dos conteúdos do VR book no ambiente virtual a ser manipulada pelo utilizador

Nesta secção existem 3 marcadores adicionais, aplicados em sequência. Estes marcadores são rastreados para identificar a posição das mãos do utilizador, para que este possa realizar uma ação de interação através do movimento da mão, conforma apresentado na Figura 6.23. Este sistema permite que o utilizador possa fazer um movimento da mão da “esquerda para a direita” ou da “direita para a esquerda”, e o sistema entender se deve avançar ou recuar no conteúdo apresentado. Este método de interação, tem o mesmo funcionamento como explicado no Protótipo #14.

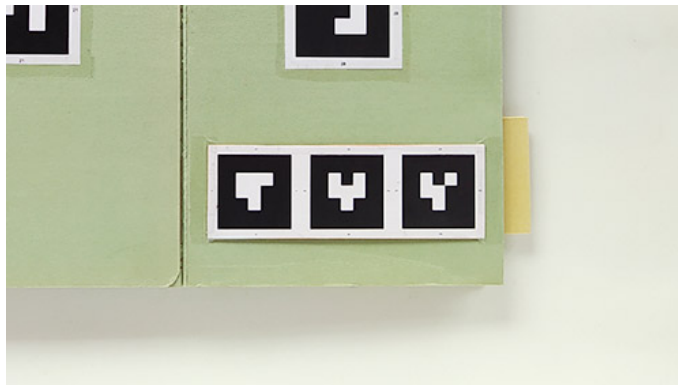


Figura 6.23 – Marcadores para interação com o movimento da mão do utilizador

Conforme demonstrado na Figura 6.24 e Figura 6.25, o utilizador posiciona mão do lado esquerdo dos marcadores, esta também é representada no ambiente virtual, de modo a identificar o posicionamento em relação à zona de interação (Figura 6.24), e ao realizar o movimento da mão para a direita, o sistema altera os conteúdos para uma posição seguinte, alterando os conteúdos mostrados nas páginas do livro, mas também os conteúdos apresentados no espaço, como a reprodução do vídeo com áudio, e do modelo 3D respetivo do conteúdo escolhido (Figura 6.25).

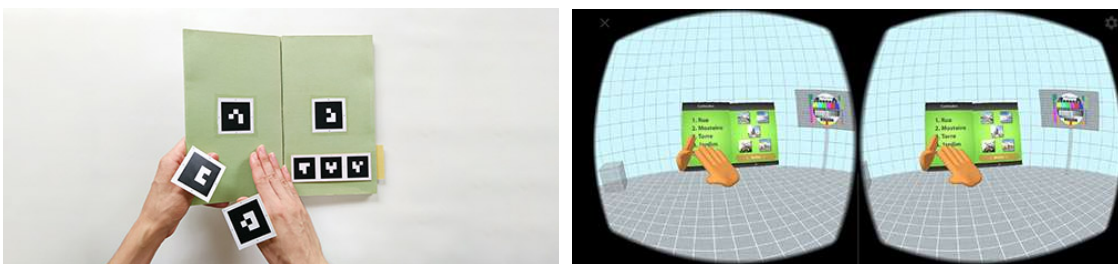


Figura 6.24 – Utilizador posiciona a mão do lado esquerdo para interação

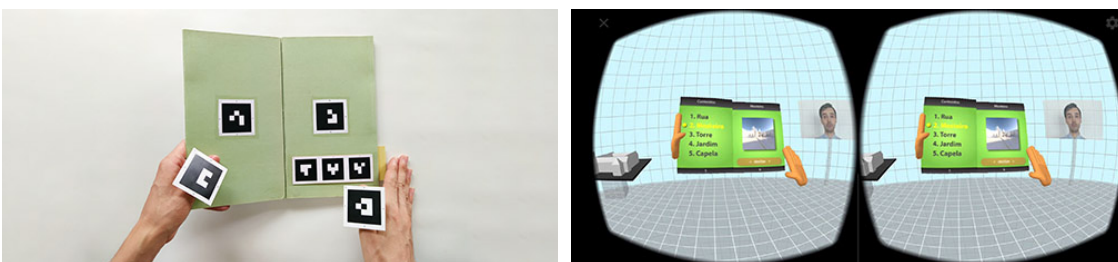


Figura 6.25 – Utilizador move a mão para o lado direito para realizar interação

Esta secção contém 6 diferentes conteúdos: Índice, Rua, Mosteiro, Torre, Jardim e Capela, e cada conteúdo ativa as respetivas imagens, vídeo e modelo 3D que lhe correspondem. A interação através do movimento da mão permite que o utilizador possa avançar ou recuar nos conteúdos que pretende visualizar, mas permitindo que a navegação seja feita em ciclo, ou seja, quando chega ao limite das possibilidades, o conteúdo apresentado é o inicial ou o final, conforme o limite atingido. Na Figura 6.26 é apresentado os possíveis conteúdos aplicados ao VR book no ambiente virtual.

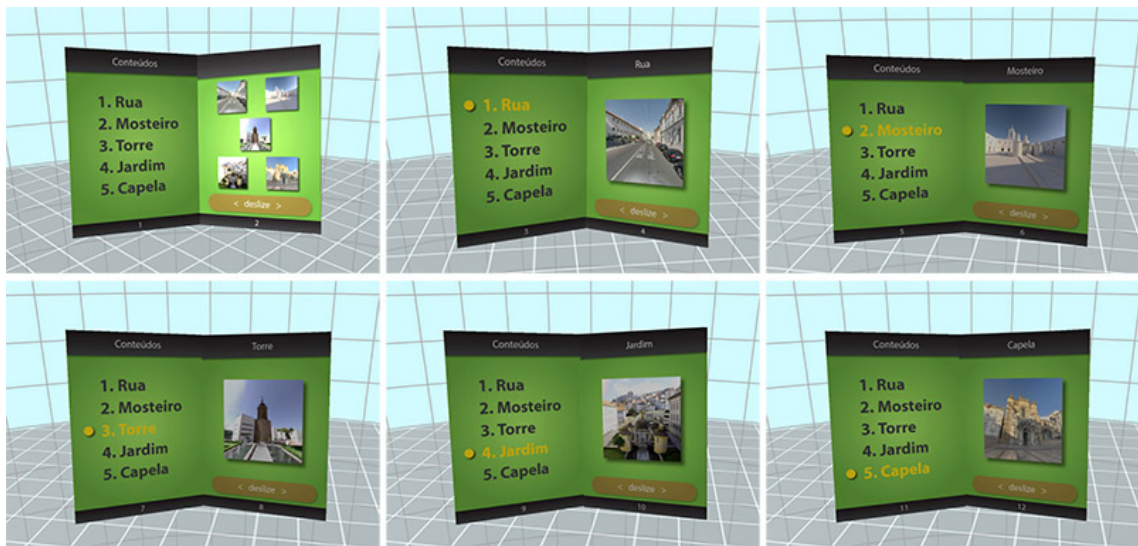


Figura 6.26 – Diferentes páginas da secção de conteúdos do VR book

Para cada um dos conteúdos que o VR book permite navegar, é a apresentado um vídeo específico narrado com o áudio sobre o respetivo conteúdo, conforme mostrado um frame de exemplo na Figura 6.27. Para a produção destes conteúdos audiovisuais, foram escritos 5 textos para: rua, mosteiro, torre, jardim e capela.



Figura 6.27 – Frame de vídeo a ser reproduzido no ambiente virtual

O conteúdo audiovisual é apresentado na “televisão” virtual que se encontra no espaço, permitindo ao utilizador direccionar o olhar para essa zona do espaço e visualizar a reprodução do vídeo (Figura 6.28), ou tendo da liberdade de explorar o modelo 3D sobre o respetivo conteúdo enquanto ouve o áudio proveniente da reprodução do vídeo.

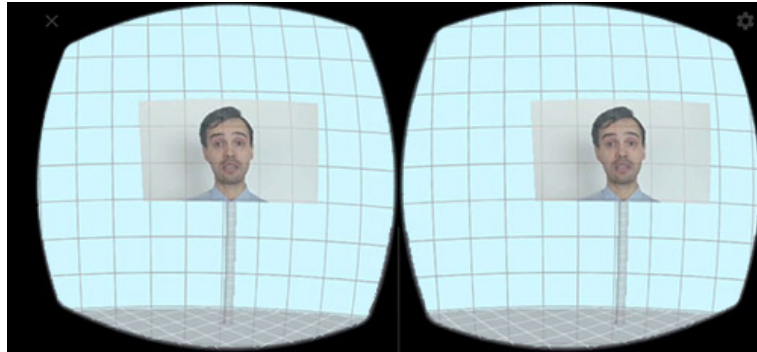


Figura 6.28 – Vídeo a ser reproduzido no espaço do ambiente virtual

Na Figura 6.29 são apresentados os diferentes conteúdos apresentados sobre a caixa virtual disponível no espaço. A Figura 6.29 a), apresenta a zona dos modelos 3D quando não está escolhido nenhum dos cinco conteúdos possíveis, e as restantes apresentam os diferentes modelos 3D numa rotação em ciclo, que serão vistos livremente no ambiente virtual, conforme demonstrado na Figura 6.30.

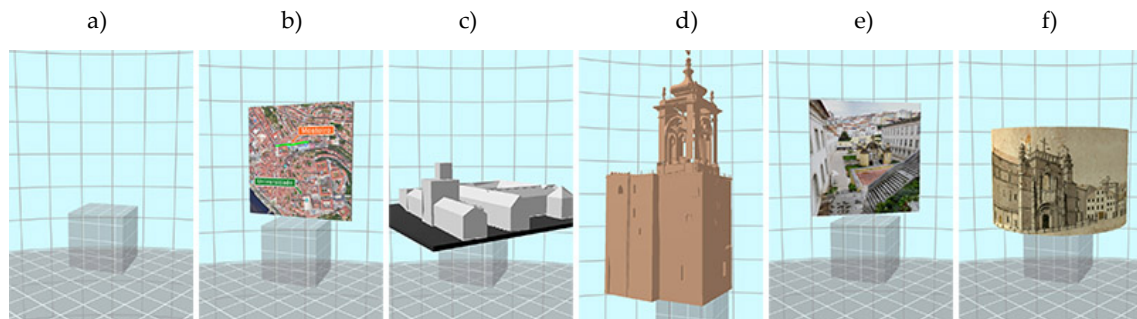


Figura 6.29 – Diferentes modelos 3D da secção de conteúdos do VR book

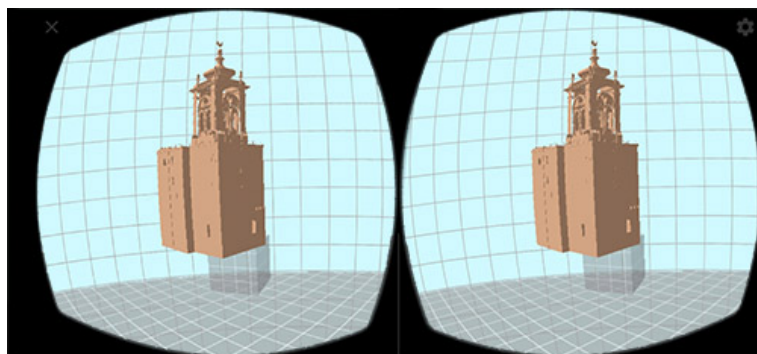


Figura 6.30 – Modelo 3D dos conteúdos apresentados no espaço do ambiente virtual

Portais

A segunda secção do VR book permite ao utilizador alterar o espaço 360º à sua volta através de um “portal” móvel tangível acessível na página do livro.

Nesta secção do livro, são utilizados 2 marcadores centrados em cada uma das partes do livro, para fazer o rastreamento independente de cada uma das partes do livro (Figura 6.31), e utilizar como referencia a apresentação dos conteúdos no ambiente virtual (Figura 6.32).

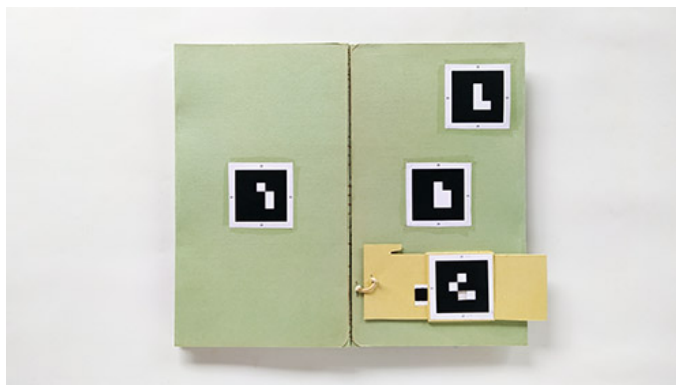


Figura 6.31 – Secção de portais do objeto tangível do VR book



Figura 6.32 – Páginas que identificam o ambiente do portal selecionado no VR book

Nesta secção do VR Book o utilizador tem outra forma diferente de interação para escolha do ambiente do portal. Esta interação é feita através de um mecanismo deslizante elástico, aplicado na página do livro (Figura 6.33). Este mecanismo funciona ao ser puxado para a direita, gerando um marcador diferente, indicando ao sistema para alterar o conteúdo para o seguinte.

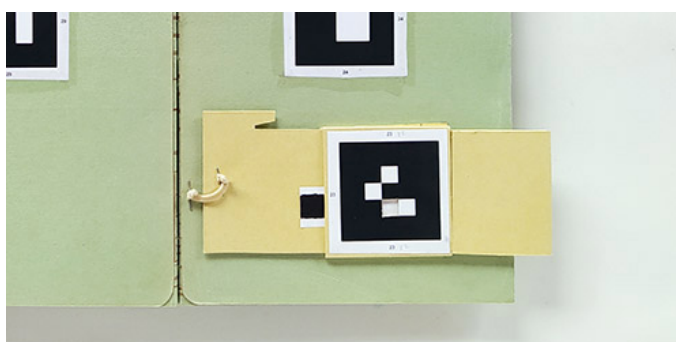


Figura 6.33 – Mecanismo de deslize para interação com o VR book

Sendo apresentado na página da esquerda que existem 4 tipos de ambientes possíveis nesta secção, o utilizador pode puxar o mecanismo sem limite de quantidade, porque o sistema altera os conteúdos de forma cíclica. Esta forma de interação para a escolha do ambiente para o portal, altera 3 conteúdos visuais: uma imagem na página do livro, o texto que identifica o ambiente também na página do livro, e a imagem aplicada em esfera como o portal móvel que o utilizador pode interagir. Conforme demonstrado na Figura 6.34, o utilizador está com o ambiente “Torre” escolhido, mas ao fazer o movimento do mecanismo como visto na Figura 6.35, e os conteúdos mudam para o ambiente “Capela”, podendo escolher entre os vários ambientes possíveis conforme apresentado na Figura 6.36.

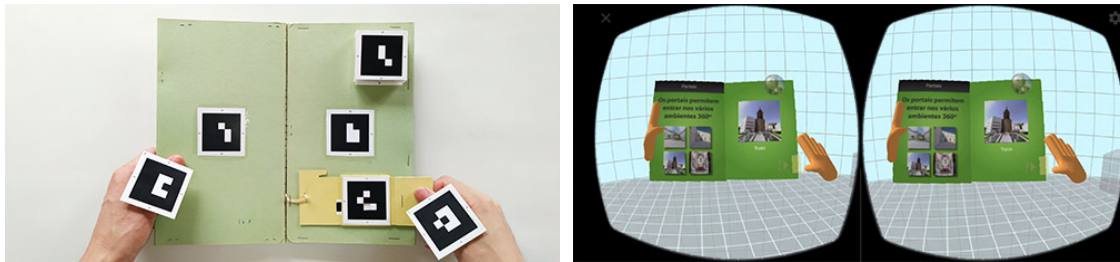


Figura 6.34 – Mecanismo deslizante para gerar padrão no VR book em estado normal

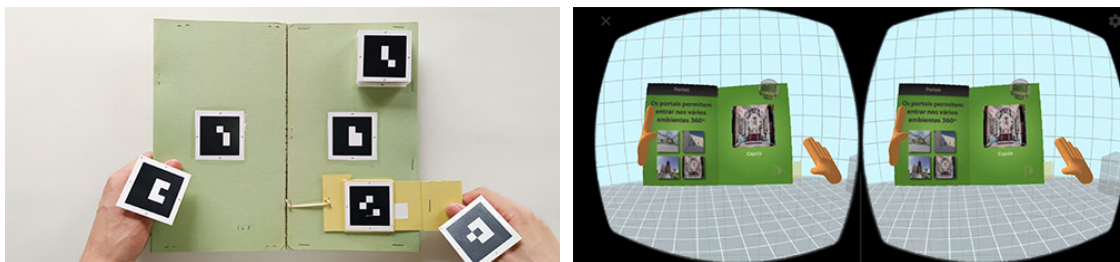


Figura 6.35 – Mecanismo deslizante para gerar padrão no VR book puxado pelo utilizador

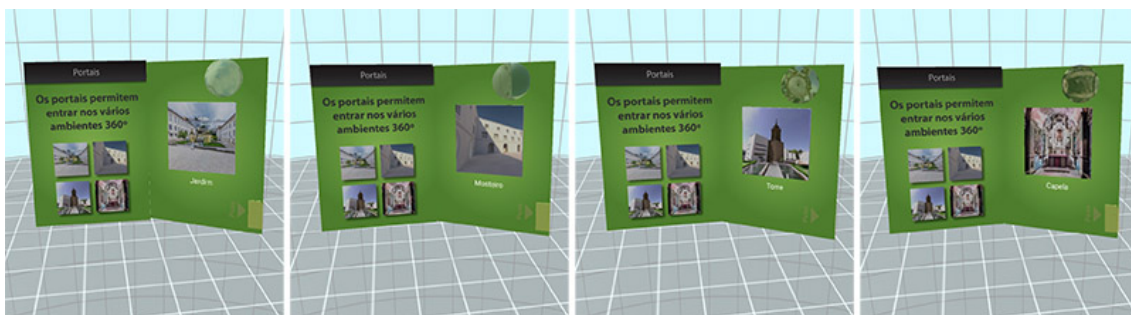


Figura 6.36 – Diferentes páginas da secção de portais do VR book

Após a escolha do ambiente para o portal, o utilizador necessita de efetuar uma interação diferente para aplicar a ação de “entrar” no portal escolhido. Esta interação é feita através de aproximar fisicamente o objeto móvel que identifica o portal, tal como apresentado na Figura 6.37, que é aproximado da cabeça do utilizador. Este objeto móvel foi desenvolvido baseado na prototipagem desenvolvida no Protótipo #15 – Lentes para mudar ambiente 360°, que permitiu identificar alguns problemas desta forma de interação.

A forma de ligar o objeto móvel que simboliza o portal (Figura 6.37), tem uma espessura de 1,7cm que permite ser pegado e manipulado sem que o padrão visual seja obstruído pela mão. Este objeto contém no seu interior um íman, tal como a página do livro contém um

ímã no seu interior (Figura 6.38), na zona superior direita da página. A aplicação de ímanes em ambos os objetos cria um campo magnético que permite ter uma zona onde o objeto pode ser posicionado e removido conforme seja necessário.

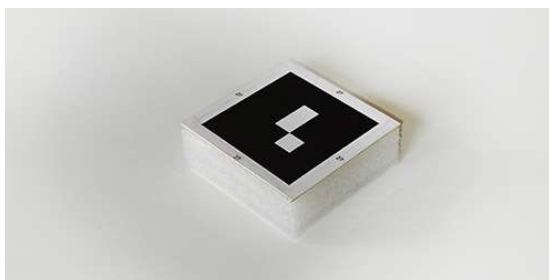


Figura 6.37 – Objeto móvel com marcador para interação de portal

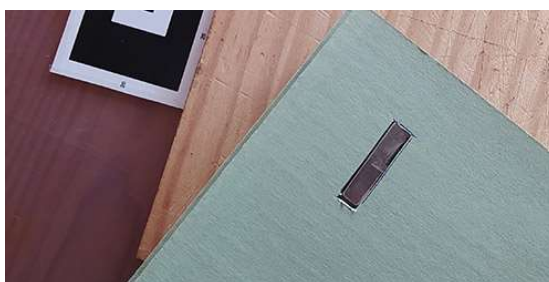


Figura 6.38 – Ímã aplicado no interior do VR book suporte do objeto móvel

A interação para mudar o ambiente é feita através da aproximação do “portal” do HMD, como demonstrado na Figura 6.39a-b, o utilizador remove o objeto móvel do livro que identifica que o portal escolhido é sobre a “torre”, e quando aproxima este objeto do HMD, conforme demonstrado na Figura 6.39c-d, o ambiente 360° à sua volta é alterado para o ambiente correspondente do portal.

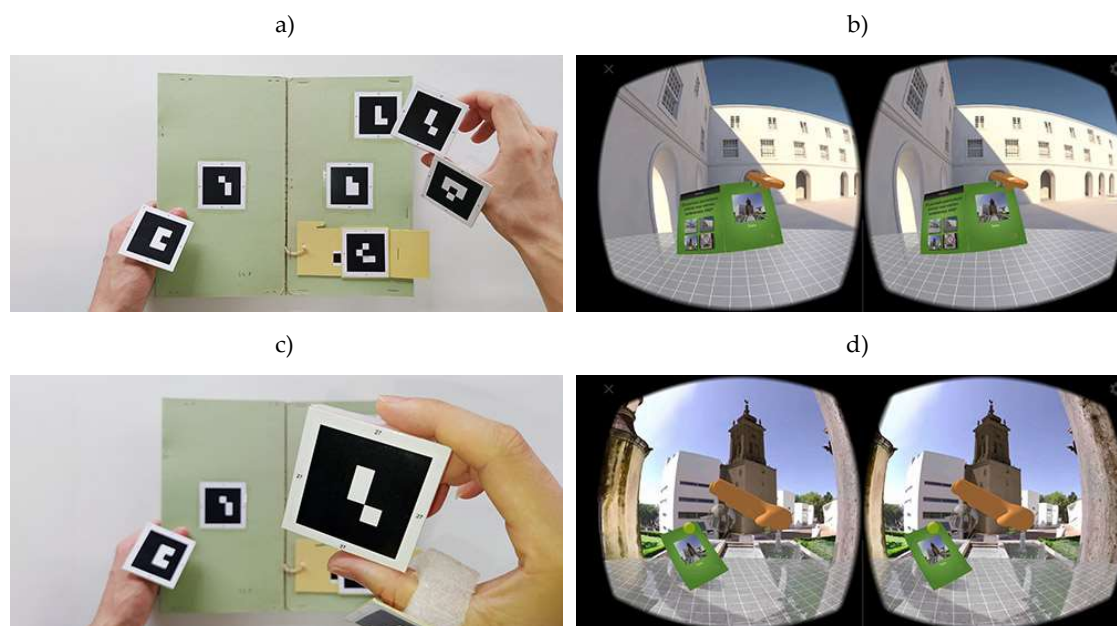


Figura 6.39 – Utilizador aproxima o objeto do HMD para abrir novo ambiente 360°

O processo de interação para escolha e aplicação do ambiente 360° feito para qualquer um dos ambientes disponíveis no VR Book, tal como demonstrado os 4 ambientes possíveis: jardim, mosteiro, torre, e capela, quando aplicados ao espaço virtual.



Figura 6.40 – Ambiente 360° do VR book Mosteiro de Santa Cruz.

Os ambientes 360° nos quais o utilizador pode entrar, são acompanhados por uma reprodução áudio que simula o espaço respetivo. A reprodução de um conteúdo áudio que está associado ao ambiente visual apresentado ao utilizador, aumenta o grau de imersividade de experiência do utilizador, de forma a fazer o utilizador sentir que está em cada um dos ambientes.

Conclusões

Esta versão do VR book permitiu criar um livro virtual baseado no *feedback* dos utilizadores, recolhido durante todo o processo de design, identificando problemas e criando soluções que satisfazem as expectativas e interesses dos utilizadores, relativamente aos conteúdos, formas de interação e os padrões visuais aplicados ao objeto.

O desenvolvimento do VR book teve necessidade de avaliar e conjugar três aspetos que trabalham entre si: o objeto físico, os conteúdos, e formas de interação. Estes três aspetos do projeto necessitam de funcionar de forma intuitiva e satisfatória para que a interação, manipulação e visualização, funcione na experiência do utilizador.

Capítulo 7

Avaliação

Neste capítulo é apresentado os procedimentos, objetivos e resultados de testes de usabilidade e avaliação realizados durante a investigação do projeto, para o desenvolvimento do “VR Book” conforme apresentado no Capítulo 6.

Foram realizados dois tipos de testes no processo de design:

- Avaliação de usabilidade do VR Book
- Avaliação de técnicas de interação do VR Book

A realização dos testes de usabilidade, tiveram como finalidade avaliar as expectativas em relação a interação e conteúdos multimédia em RV na perspetiva de vários utilizadores, mas também identificar possíveis problemas e dificuldades que consideram que existam, e críticas e sugestões com os exemplos apresentados com base no “VR Book” durante o desenvolvimento do protótipo.

A realização dos testes de avaliação, permitiram apresentar a utilizadores, vários conceitos para um método de interação para o desenvolvimento do “VR Book”, especificamente para determinar a melhor forma de “virar” uma página num livro virtual. Os resultados obtidos nesta avaliação permitiram tirar conclusões da preferência dos utilizadores em relação ao melhor método para alterar os conteúdos de um livro virtual.

7.1 Avaliação de usabilidade do VR Book

Os testes de usabilidade estavam planeados para serem feitos de forma presencial, com a participação de utilizadores que iriam colocar o *headset* RV e experimentar o protótipo tangível desenvolvido, mas devido à situação da pandemia mundial do COVID-19 no início do ano 2020, que obrigou a um recolhimento e distanciamento social, estes não puderam seguir o planeamento inicial. Este planeamento teve que ser alterada, para que esta etapa do desenvolvimento do projeto pudesse ser realizada e manter o planeamento temporal.

Para a adaptação destes testes, foi criado um formulário *on-line* adequado com o guião deveria ser o teste de usabilidade, acompanhado por diversos conteúdos multimédia de demonstração do protótipo, para atingir a finalidade da recolha do *feedback* dos utilizadores necessária par o desenvolvimento do projeto. Para alcançar um público mais geral que não fale a língua portuguesa, para além de desenvolvido o formulário em Português (Apêndice H), foi também criado um formulário traduzido para a língua de Inglês (Apêndice I), aumentando a possibilidade de pessoas terem a capacidade de participar.

A informação recolhida (Apêndice J) permitiu conhecer as expectativas dos os utilizadores, como eles idealizavam a interação em ambientes de RV, e a opinião das demonstrações de páginas do “VR Book”, permitindo assim identificar problemas, dificuldades, ou qualquer observação que considerava pertinente, de forma e criar soluções para um melhor desenvolvimento do protótipo, tanto em relação ao objeto físico como a aplicação.

Para a realização dos testes realizados de forma remota, foram enviados alguns pedidos de participação através do formulário. Tendo sido enviado para pessoas específicas ligadas à investigação e ensino em Portugal e no Estrangeiro, que poderiam estar interessadas em participar, mas também foi divulgado nas redes sociais, como Instagram, Facebook e Twitter (Figura 7.1), de modo a obter maior quantidade e variedade de participantes.



Figura 7.1 – Alguns exemplos de publicações nas redes sociais para divulgação da participação no projeto.

O formulário criado está dividido em 4 partes: Informação pessoal (Figura 7.2a), expectativas na Secção A (Figura 7.2b), demonstração na Secção B (Figura 7.2c), e opinião geral na Secção C (Figura 7.2d), existindo um total de 16 campos de preenchimento. Tendo sido utilizados conteúdos de imagem, vídeo e áudio, com o respetivo campo de preenchimento relativo à demonstração e questões.

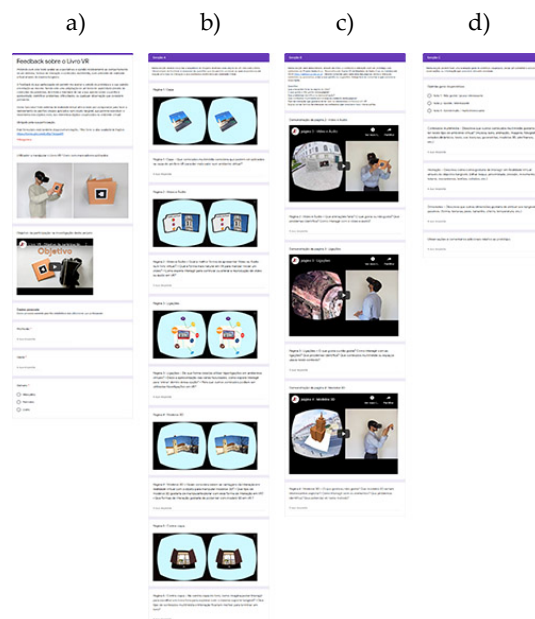


Figura 7.2 – Secções do formulário completo para o teste de usabilidade remoto.

Informações pessoais

Nesta avaliação do VR Book foi pedido aos participantes para indicar a profissão, idade e género, a fim de compreender a relação do tipo de participante e a opinião apresentada.

Expectativas de realidade virtual

Nesta secção deverá visualizar a sequência de imagens relativas cada página de um livro com o tema "Universidade de Coimbra" e responder às questões que me permite conhecer as suas expectativas em relação a formas de interação e aos conteúdos multimédia em realidade virtual.

Divido em 5 conteúdos com 5 espaços para comentar, foi apresentado um ficheiro GIF com uma sequência de 3 a 6 imagens com perspetivas do exemplo num ambiente virtual utilizando o protótipo tangível do livro nessa fase do desenvolvimento. Os exemplos e questões referem-se à capa, vídeo e áudio, ligações, modelos 3d, contra-capas, conforme apresentados na Figura 7.3, com os conteúdos relativos ao tema “Universidade de Coimbra”.

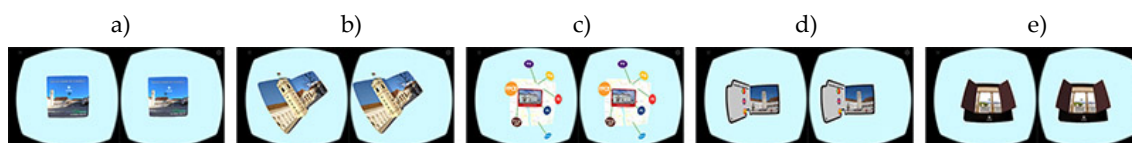


Figura 7.3 – Ficheiros de imagens GIF como demonstração de exemplos em RV com o protótipo.

Para cada um dos exemplos foram colocadas várias questões, sobre as quais poderia responder em relação às suas expectativas no âmbito de RV.

- 1. Capa – Que conteúdos multimédia considera que podem ser aplicados na capa de um livro VR para dar mais valor num ambiente virtual?
- 2. Vídeo e Áudio – Qual a melhor forma de apresentar Vídeo ou Áudio num livro virtual? Qual a forma mais natural em VR para mandar iniciar um vídeo? Como espera interagir para controlar ou alterar a reprodução de vídeo ou áudio em VR?
- 3. Ligações – De que forma idealiza utilizar hiperligações em ambientes virtuais? Dado a apresentação das várias faculdades, como espera interagir para 'entrar' dentro dessa opção? Para que outros conteúdos podiam ser utilizados hiperligações em VR?
- 4. Modelos 3D – Quais considera serem as vantagens da interação em realidade virtual com o objeto para manipular modelos 3D? Que tipo de modelos 3D gostaria de explorar com esta forma de interação? Que formas de interação gostaria de poder ter com modelo 3D em VR?
- 5. Contra-capas – Na contra-capas do livro, como imagina poder interagir para escolher um novo livro para explorar com o mesmo suporte tangível? Que conteúdos multimédia e interação ficariam melhor para terminar um livro?

Feedback das demonstrações

Nesta secção foram apresentados diversos vídeos com demonstrações da interação com o protótipo, utilizando conteúdos relativos ao Projeto Santa Cruz - Reconstituição Digital 3D do Mosteiro de Santa Cruz de Coimbra em 1834. O objetivo desta secção era demonstrar ao utilizador como iria interagir com o objeto tangível para manipular os conteúdos em RV, de forma a que o utilizador pudesse identificar problemas, ou dar a sua opinião e sugestões em relação o que foi demonstrado.

Esta secção foi dividida em 3 partes, com 3 espaços para comentar, onde foi apresentado um vídeo da demonstração da manipulação e visualização do protótipo, através da imagem real do utilizador ao lado da imagem visualizada no ambiente virtual. Desta forma o participante pode ver através da demonstração, como as ações da manipulação do objeto físico têm consequências no conteúdo virtual, conforme demonstrado na Figura 7.4.

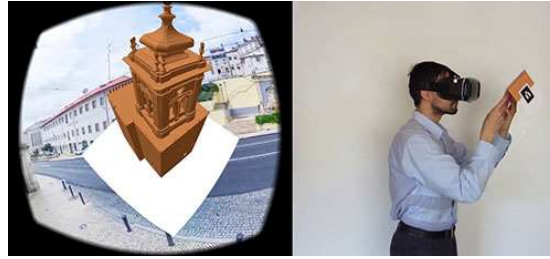


Figura 7.4 – Vídeo de demonstração da manipulação do objeto físico e resultado no ambiente virtual.

Esta secção dava uma completa liberdade no feedback sobre as demonstrações visualizadas, mas também fornecia algumas questões que os utilizadores poderiam responder, para ajudar no encaminhamento das opiniões.

- Que alterações faria na página do livro?
- O que gosta e não gosta nessa página?
- Que problemas identifica na demonstração?
- Que conteúdos multimédia adicionava no contexto desta página?
- Fale da interação que gostaria de ter com os elementos/conteúdos em RV.
- Sugira outras formas de interação ou conteúdos que considere mais interessantes.

Este método de demonstração tentou mostrar o protótipo de modo a permitir recolher o *feedback* dos utilizadores como se fossem eles a experimentar o protótipo, e entender exatamente os resultados das suas ações na manipulação do mesmo.

Opiniões gerais

Nesta secção o utilizador poderá atribuir uma nota de avaliação em relação à demonstração do protótipo apresentada na secção anterior, e dar mais algum *feedback* sobre conteúdos multimédia, formas de interação e dimensões que considera que poderiam ser implementados no protótipo e informação que considerava relevante adicionar.

A atribuição da nota de avaliação foi feita através de escolha múltipla, através de 3 opções:

- Nota 1 - Não gostei / pouco interessante
- Nota 2 - Gostei / interessante
- Nota 3 - Gostei muito / muito interessante

E os espaços de comentários sobre possibilidade de características para utilizar em RV:

- Conteúdos multimédia – Descreva que outros conteúdos multimédia gostaria de ter neste tipo de ambiente virtual? (música, sons, animação, imagens, fotografia, estados dinâmicos, texto, cor, texturas, geometrias, modelos 3D, wireframes, etc.);
- Interação – Descreva como gostaria de interagir em Realidade Virtual através de objetos tangíveis. (olhar, toque, proximidade, pressão, movimento, tokens, mecanismos, botões, colisões, etc.);
- Dimensões – Descreva que outras dimensões gostaria de atribuir aos tangíveis passivos. (forma, texturas, peso, tamanho, cheiro, temperatura, etc.).

Resultados das participações

Este teste de usabilidade teve 21 participações e 200 opiniões no total, sendo que permitiu conhecer o que os utilizadores esperavam da interação e visualização em RV, mas também obter *feedback* relativo o estado do desenvolvimento do protótipo “VR Book”. Estando toda a informação recolhida no Apêndice J.

Profissão dos participantes

Conforme apresentado na Figura 7.5, a maior participação foi por estudante e designers, tendo a sua opinião sido direcionada para a parte visual do protótipo, identificando diversas falhas e melhoramento que poderiam ser feitos na apresentação dos conteúdos visuais e audiovisuais. O *feedback* dos participantes ligados diretamente a desenvolvimento de projetos de RV, foi direcionada para a interação com o sistema e capacidades em ambientes virtuais não exploradas na demonstração.



Figura 7.5 – Profissão dos participantes no teste de usabilidade.

Idade dos participantes

Os participantes tiveram idades compreendidas entre 20 e 52 anos, sendo que 48% dos participantes tinha idade entre os 20 e os 29 anos, conforme apresentado na Figura 7.6. O fator idade neste teste de usabilidade, revelou opiniões de participantes com mais experiência ou conhecimento em sistemas de realidade virtual ou sistemas de interação.

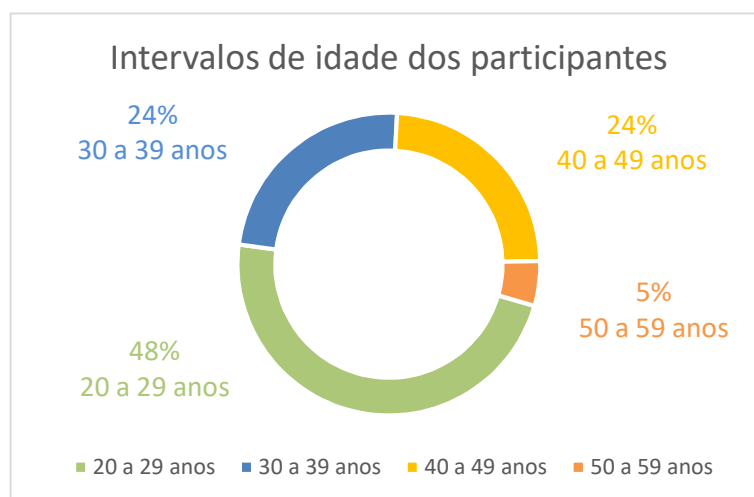


Figura 7.6 – Intervalos de idade dos participantes no teste de usabilidade.

Género dos participantes

A maioria dos participantes foi do género “Masculino” com 67%, e os restantes 33% corresponde a participantes do género “Feminino”.

Nota geral do protótipo

Na nota de avaliação geral atribuída ao protótipo demonstrado, teve 48% dos participantes a dar a nota máxima de “Nota 3 - Gostei muito / muito interessante”, e também 48% a dar nota média de “Nota 2 - Gostei / interessante”, que demonstra que gostaram. Apenas 4% dos participantes atribuíram a nota mais inferior “Nota 1 - Não gostei / pouco interessante”, conforme apresentado na Figura 7.7.

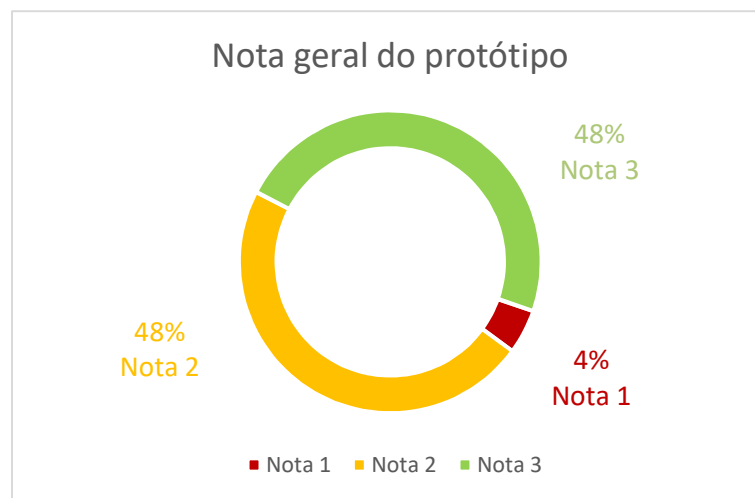


Figura 7.7 – Nota geral atribuída pelos participantes no teste de usabilidade.

Expetativas para RV

As opiniões dos participantes revelaram que a maioria dos participantes ainda não tem muita experiência em RV, e, portanto, não conhece as potencialidade e capacidade de utilização de conteúdos multimédia nestes ambientes. Mas conforme apresentados alguns exemplos, muitos dos participantes referiram como os conteúdos apresentados poderiam ser implementados e apresentados para melhorar a experiência do utilizador em RV ou utilizar os conteúdos que melhora tiram partido em ambientes virtuais.

A manipulação de conteúdos de modelos 3D foi uma expetativa recorrente pelos utilizadores, que esperam uma elevada liberdade de manipulação e visualização de elementos 3D em ambientes virtuais.

A interação em ambientes virtuais foi referida através de gestos ou comandos por voz, que poderá ser aplicada ao controlo de conteúdos estáticos ou dinâmicos, como a reprodução de vídeo. Sendo esta forma de interação também possível para criar ligações entre ambientes ou conteúdos durante a experiência e consumo de informação pelo utilizador.

Opiniões da demonstração

Apesar das opiniões gerais da demonstração dos protótipos ter sido na maioria positiva, foi dado diverso *feedback* para contribuir para o continuo desenvolvimento do protótipo “VR Book”. Estas opiniões permitiram identificar problemas e soluções para o protótipo

demonstrado, tal como diversos conteúdos multimédia poderiam ser implementados no protótipo apresentado, tal como novas formas para interação e controlo de conteúdos e experiência do utilizador.

Relativamente a conteúdos “vídeo e áudio”, referiram no geral que o conteúdo vídeo apresentado tinha um tamanho pequeno, o que dificultava a visualização, e deveria ser apresentado maior ou aplicado ao ambiente no qual a utilização está inserido. A reprodução deste tipo de conteúdos também necessita de uma forma de interação e controlo para o utilizador ter uma experiência mais adequada com o conteúdo visualizado ou ouvido.

O potencial das “ligações” demonstrou ter potencial direcionado para a alteração dos ambientes do espaço 360º no qual o utilizador está inserido, para tirar mais partido da experiência de olhar à sua volta, tendo um dos participantes referido “(...) see a virtual space that seems to be the space presented in the book. This can be used for virtual tours where I can choose which place I want to visit”.

A utilização de “modelos 3D”, foi um conteúdo que os participantes referiram ser interessante para este tipo de ambientes, embora o protótipo apresentado necessitar de ser melhorado para aumentar o interesse do utilizador durante a experiência, tal como melhorar os detalhes, texturas e aumentar a escala. Alguns participantes comentaram que o utilizador poderia ter a capacidade de “entrar” dentro do modelo para explorar o seu interior, ou alterar livremente o seu tamanho.

Conclusão

O *feedback* recolhido neste teste de usabilidade permitiu identificar problemas (Tabela V), conteúdos ou formas de interação cujos utilizadores não considerem importantes ou de interesse para a experiência, tal como novas ideias para que o protótipo possa ser inovado para corresponder ao interesse e funcionalidade do protótipo.

Com a recolha das observações nesta fase do desenvolvimento do protótipo, permitiu efetuar alterações ao protótipo para a apresentação na avaliação seguinte.

Tabela V – Problemas identificados na avaliação de usabilidade do VR Book

Demonstração	Problema identificado
Vídeo e Áudio	uma das páginas às vezes desaparece; a página da esquerda desaparece por algum tempo
	a página da esquerda desaparece por algum tempo
	The 3 elements of your book are not updating fast enough and it's distracting
	I don't see the advantage of this solution over just looking at a 2D page
	doesn't seem very comfortable to have to hold a book in the same position to watch a long video
Ligações	looks a bit distorted and the feeling of being looking thru a hole
	I don't understand immediately what that sphere is for, it is not intuitive

7.2 Avaliação de técnicas de interação do VR Book

A avaliação nesta fase do desenvolvimento do protótipo, teve como objetivo a avaliar a preferência dos utilizadores em relação à utilização de diversas formas interação para “virar uma página” de um livro virtual.

Neste teste de avaliação, o participante irá experimentar cada um dos protótipos para realizar a tarefa pretendida, que é mudar para a página seguinte ou anterior de um livro virtual, e ordenar cada um dos protótipos consoante o nível de preferência da interação. Para a realização presencial deste teste, foi seguido um guião e um formulário (Apêndice K), mas também através de uma aplicação e formulário que permite a participação de utilizadores de forma online (Apêndice L), para alcançar mais quantidade e maior variedade de participantes e obter dados mais conclusivos da preferência dos utilizadores. Tanto os registos de forma presencial como de forma online foram submetidos através da aplicação (Figura 7.8).



Figura 7.8 – Aplicação online para registo de participações.

Formulário e Guião da demonstração

A demonstração, conforme apresentado na Figura 7.9, foi feita através de um vídeo que mostra o movimento real das mãos e objeto físico, e o que o utilizador iria ver no ambiente virtual. A principal informação a recolher neste teste de avaliação foram a idade e género dos participantes, e a ordem da preferência para cada um dos protótipos apresentados. Sendo que também tiveram de forma opcional a possibilidade de dar a opinião sobre a razão da ordenação escolhida, e observações sobre cada um dos métodos de interação apresentados, de modo a recolher todo o *feedback* que cada participante pudesse dar para um possível melhoramento do protótipo ou identificação de problemas.

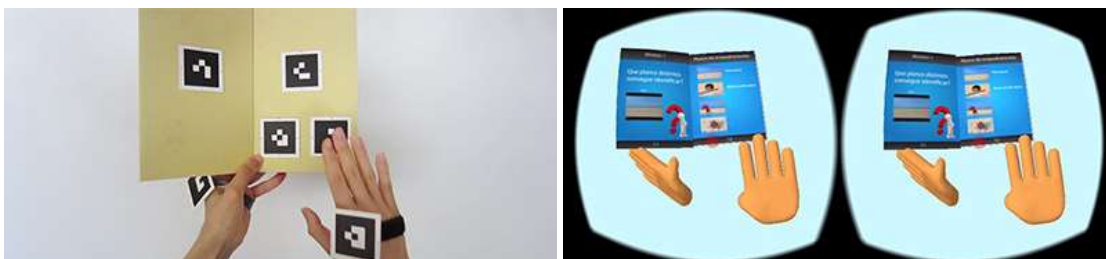


Figura 7.9 – Demonstração de um método de interação.

Protótipos de métodos de interação

Nesta fase de avaliação de métodos de interação direcionados para a utilização do “VR Book”, foram desenvolvidos 4 métodos diferentes baseados no *feedback* recolhido durante os testes de usabilidade realizados no Capítulo 7.1. Cada um dos métodos apresentados tem a mesma finalidade, avançar ou recuar no conteúdo apresentado na página do livro.

Métodos de interação apresentados/demonstrados:

- Método A – Pressionar a zona direita ou esquerda da página;
- Método B – Deslizar a mão para a direita ou esquerda numa zona da página;
- Método C – Comandos por voz de “next” e “back”;
- Método D – Mover um mecanismo (slider) para a direita ou esquerda;

No “Método A – Pressionar” (Figura 7.10 a), o utilizador tem que colocar a mão numa de duas zonas específicas do fundo da página, na zona do lado direito faz avançar a posição da página que contém o conteúdo, na zona do lado esquerdo faz recuar o mesmo. No “Método B – Deslizar” (Figura 7.10 b), o posicionamento da mão é feito na mesma zona da página que o método anterior, mas nesta interação o utilizador necessita de movimentar a mão, quando move da esquerda para a direita, o conteúdo avança, quando move a mão na forma inversa, o conteúdo recua. O “Método B - Voz” (Figura 7.10 c), a interação é feita através de comandos por voz, cujos comandos utilizados são “next” (próximo) e “back” (atrás), para avançar ou recuar o conteúdo apresentado. E por fim, o quarto método “Método C – Slider” (Figura 7.10 d), é utilizado um mecanismo que permite ao utilizador mover um “slider” para a direita ou para a esquerda para alterar a posição do conteúdo. Este é um método que oferece uma forma tátil cuja posição do mecanismo é também visto no ambiente virtual.

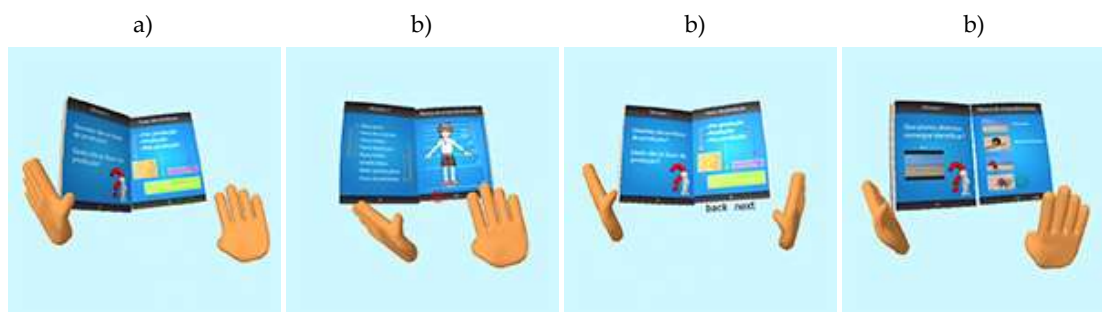


Figura 7.10 – Métodos de interação para demonstração de mudar o conteúdo de um livro virtual.

Resultados das participações

Esta avaliação teve 50 participações e permitiu avaliar a preferência dos utilizadores em relação a possíveis métodos de interação para alteração dos conteúdos de um livro virtual. Tendo sido recolhida a informação relativa à idade e género dos participantes, e a ordem de preferência entre os 4 métodos apresentados. De forma opcional, os participantes poderiam apresentar a razão da ordem dos métodos escolhidos, e a opinião individual sobre cada um deles, estando toda a informação recolhida, no Apêndice M.

Pretende-se com os resultados recolhidos nesta fase do desenvolvimento, optar pelo método de interação preferido pelos utilizadores com um livro em realidade virtual, para o desenvolvimento do “VR Book”.

Dados demográficos

Os participantes tiveram idades compreendidas entre 20 e 29 anos, estando esta informação dividida em intervalos de 10 anos. Dos 50 participantes, 44% tem entre 20 a 29 anos, 30% tem entre 30 a 39 anos, 22% tem entre 40 a 49 anos, e 4% tem entre 50 a 59 anos, conforme apresentado na Figura 7.11. Neste grupo de participantes, a maioria teve 20 a 29 anos, com aproximadamente quase metade da totalidade. A maioria dos participantes foi do género “Masculino” com 62%, e os restantes 38% corresponde a participantes do género “Feminino”.

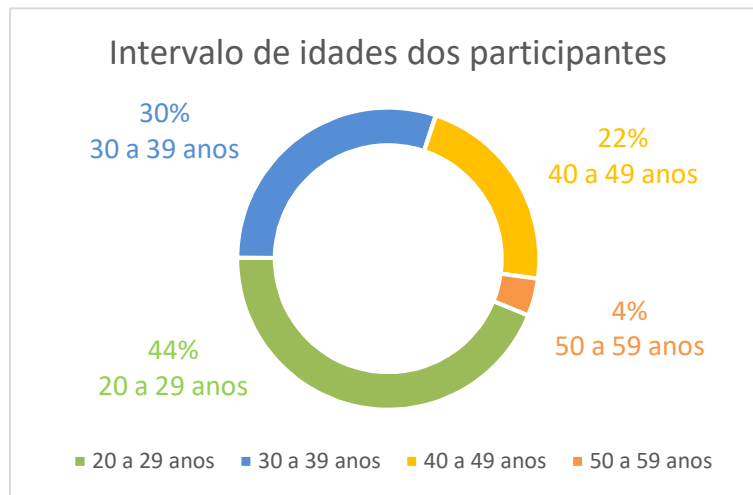


Figura 7.11 – Intervalos de idade dos participantes no teste de avaliação.

Preferência dos métodos de interação

Com informação recolhida da preferência dos métodos de interação apresentados, do mais preferido ao menos preferido, conforme apresentado na Tabela VI. Esta informação foi avaliada globalmente para determinar a preferência dos utilizadores, para verificar os utilizadores que colocaram cada um dos métodos na ordem da sua preferência.

Tabela VI – Valores da preferência dos métodos de interação.

		Método			
		A	B	C	D
Preferência	1º	17	24	5	4
	2º	22	16	8	4
	3º	7	9	18	16
	4º	4	1	19	26

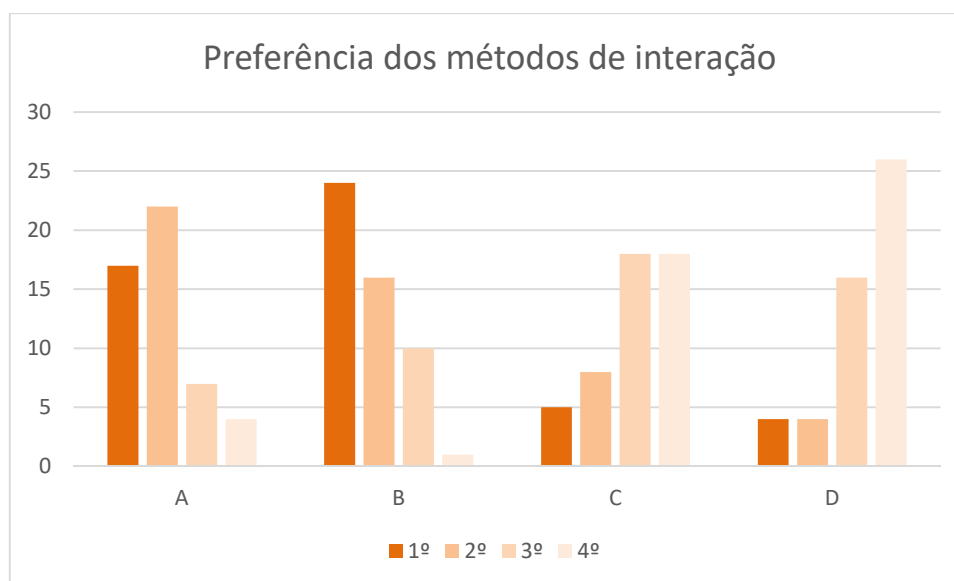


Figura 7.12 – Quantidade da preferência dos métodos de interação

Estes resultados permitiram verificar que a maioria dos utilizadores colocou o método B em 1º lugar, como o mais preferido, mas também os utilizadores que colocaram o método A em 1º lugar (o preferido), colocaram em 2º lugar o método B. Podemos também verificar que o método D, foi na maior colocado em 4º lugar, o menos preferido.

Através desta avaliação global dos dados, podemos verificar que os métodos A (pressionar) e B (deslizar) são considerados os mais preferidos pelo grupo de utilizadores, e o método D (slider) sendo colocado na maioria em último lugar da preferência. O método C (voz) está colocado numa posição intermédia da avaliação.

Para determinar a preferência dos métodos de interação através da ordem escolhida, tendo em conta a posição da preferência em que o método foi colocado, foi utilizado um sistema de pontos que atribui uma pontuação ao método consoante a preferência do utilizador. Na Tabela VII é apresentado a quantidade de pontos a que corresponde cada posição da preferência dos métodos de interação. A escolha da pontuação atribuída, permite criar uma diferença significativa para o cálculo da estatística final.

Tabela VII – Sistema de pontuação para avaliação de preferência de métodos de interação.

Ordem	Pontuação
1º	15
2º	10
3º	5
4º	1

Com base nos dados recolhidos no Apêndice M, relativos à ordem da preferência de cada métodos de interação avaliada, na Tabela VII é apresentado a quantidade da escolha da preferência de cada método, e o resultado to total da pontuação e percentagem resultante dessa pontuação, conforme a atribuição dos pontos apresentados na Tabela VII.

Tabela VIII – Pontuação relativa à ordem de cada métodos de interação avaliados.

	Preferência	Quantidade	Pontuação	Pontuação total	% da pontuação total
A	1º	17	255	514	33%
	2º	22	220		
	3º	7	35		
	4º	4	4		
B	1º	24	360	566	37%
	2º	16	160		
	3º	9	45		
	4º	1	1		
C	1º	5	75	264	17%
	2º	8	80		
	3º	18	90		
	4º	19	19		
D	1º	4	60	206	13%
	2º	4	40		
	3º	16	80		
	4º	26	26		

Os resultados da Tabela VIII são representados na Figura 7.13, que demonstra que a preferência entre o método A e B são muito próximas, com uma pontuação de 514 e 566 respectivamente. Estes dados permitem verificar que tanto o método A como o método B, são bem aceites pelos utilizadores, podendo qualquer um deles ser implementado com um elevado nível de satisfação. Os métodos C e D são os menos preferidos, com uma percentagem de 50% ou inferior, aos métodos preferidos, sendo que o método D é considerado o menos preferido nas condições como foram apresentados.

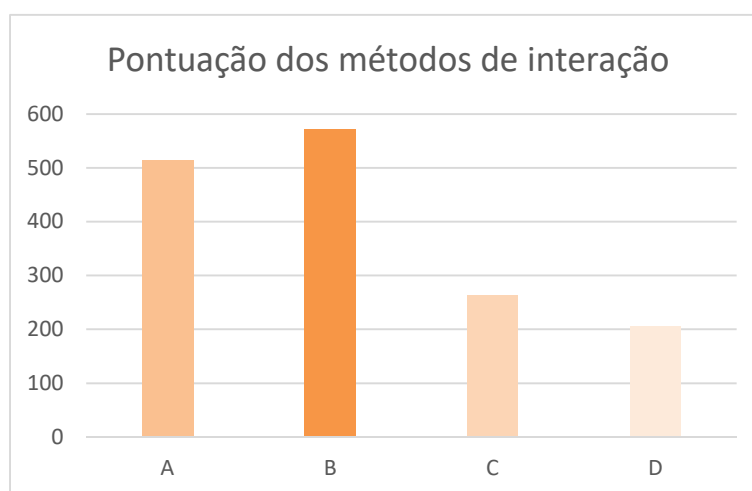


Figura 7.13 – Pontuação total atribuído à ordem dos métodos de interação avaliados.

Segmentação da informação por género

Segmentando a informação em diversos grupos de utilizadores, para determinar a preferência entre os vários tipos de utilizadores que avaliaram dos métodos de interação, esta informação pode ser dividida entre género e intervalo de idades, dos participantes.

Na Tabela IX é apresentada a quantidade do método preferidos pelos participantes do género masculino e feminino. O total de participantes de ambos os géneros corresponde a 62% do género masculino e 38% do género feminino. Os resultados em termos de percentagem para cada género, corresponde na maioria de ambos os géneros escolherem o método B como o preferido na maioria das avaliações.

Tabela IX – Quantidade e percentagem por género do método preferido dos participantes.

Método	Masculino		Feminino	
	Quant.	Percent.	Quant.	Percent.
A	12	39%	5	26%
B	15	48%	9	47%
C	2	6%	3	16%
D	2	6%	2	11%

Com os dados calculados na Tabela IX, na Figura 7.14 é apresentado visualmente a percentagem da escolha do método preferido para cada género, e é verificado que tanto os participantes masculinos e femininos optaram pelo método B, como o método preferido, apresentando este cerca de 50%. Como método optado em 2º lugar, o método B é o escolhido, embora mais utilizadores do género masculino tenham feito esta opção. Nos métodos C e D, verificamos que os participantes do género feminino preferiram estes métodos em maior percentagem que os participantes do género masculino.

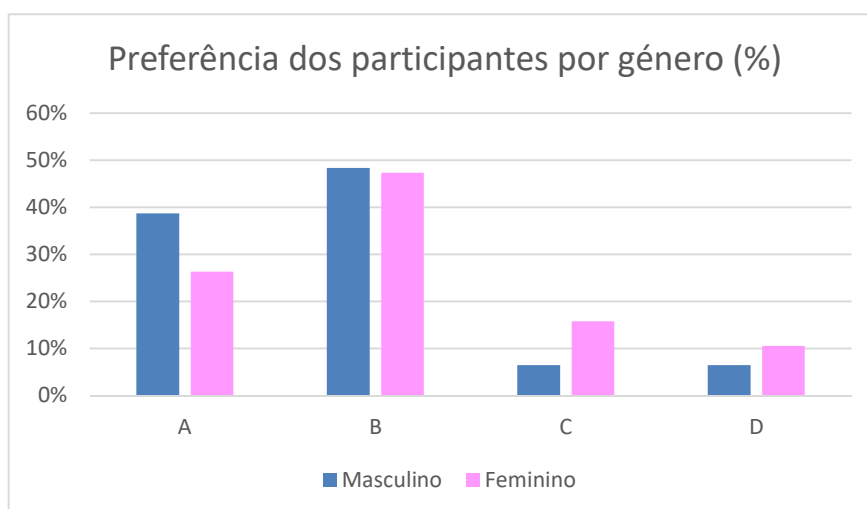


Figura 7.14 – Percentagem da preferência do método de interação por género dos participantes.

Segmentação da informação por idade

Segmentando a informação em diversos grupos de utilizadores por idades, estas grupos foram divididas em intervalos de 10 anos, tendo existido 4 possíveis grupos de utilizadores: 20 a 29 anos, 30 a 39 anos, 40 a 49 anos, e 50 a 59 anos. Esta segmentação teve a finalidade de verificar se a idade do utilizador pode ter influência na escolha do método de interação.

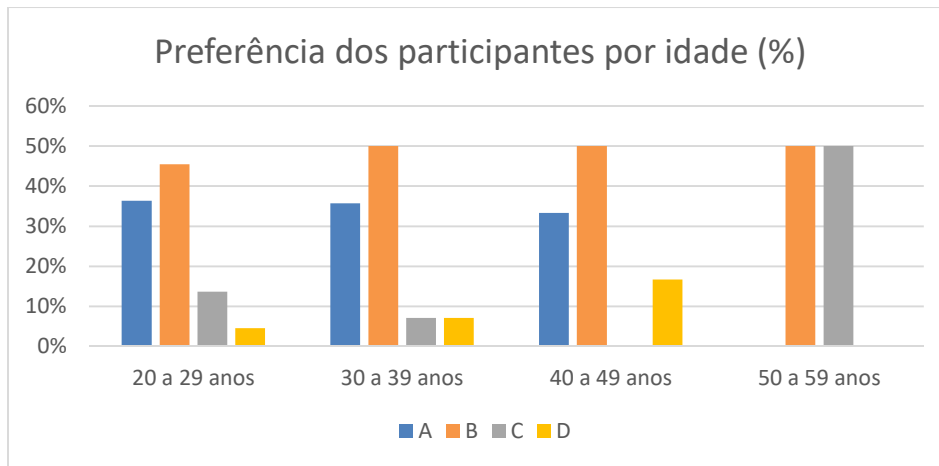


Figura 7.15 – Percentagem da preferência do método de interação por idades dos participantes.

Com a análise dos dados através desta segmentação, conforme apresentado na Figura 7.15, verificamos que os grupos de idades compreendidas entre 20 a 49 anos, escolheram o método B como o preferido, de forma semelhante e com percentagens diferentes o método A foi escolhido com uma percentagem menor, tendo os métodos C e D sido escolhidos com uma percentagem abaixo dos 20%. No caso dos participantes com idades entre os 50 e os 59 anos, são apresentados dados com 50% da escolha para ambos os métodos B e C, mas estes dados serão considerados menos relevantes devido a este intervalo de idade apenas ter tido 2 participantes, e dessa forma apresenta não permitir obter resultados concluídos.

Feedback dos participantes

O *feedback* crítico dos participantes foi relativo há razão da escolha da ordem dos métodos de interação e opiniões individuais sobre cada um dos métodos apresentados, de forma a compreender qual a razão que levou os participantes a optar por cada um dos métodos e identificar potencialidades ou problemas de cada um dos métodos apresentados. Este *feedback* permite compreender a usabilidade de dos métodos apresentados, na ótica de um utilizador.

Conforme apresentado no Apêndice M, nas “Opiniões relativas à escolha da ordem de preferência”, verificamos que a escolha do método B – Deslizar, como o preferido porque o utilizador está familiarizado com o ato de fazer o deslize da mão numa superfície para avançar ou retroceder no conteúdo apresentado, como é tradicionalmente realizado no ecrã de um *smartphone*. O conceito da interação através do toque, como apresentado no método A – Pressionar, é visto também como adequado devido à possibilidade de mover a mão num espaço 3D e interagir quando movida para uma posição específica. O método C – Voz, foi considerado por um participante por ser um método que poder ser usado em qualquer posição do espaço virtual, e desta forma em qualquer momento poder executar uma interação. Apesar do método D – Mecanismo/*slider*, ter sido considerado no geral o menos preferido, um participante referiu que o uso do mecanismo físico que pode ser tocado para interagir, torna a experiência mais realista e próximo da realidade, porque o utilizador pode sentir fisicamente nos objetos digitais que vê em RV.

Conclusões

Os resultados dos testes de avaliação dos métodos de interação para um livro virtual permitiram ir de encontro às preferências dos utilizadores, a fim de verificar quais as formas de interação que levam ao sucesso de um produto deste género, e dessa forma ser implementado no desenvolvimento do “VR Book”.

Com os resultados apresentados no Apêndice M, e analisados neste capítulo, permitiu verificar as preferências dos utilizadores em relação a métodos de alteração de conteúdos de um livro digital. Como apresentado na Tabela VI e demonstrado na Figura 7.14, os utilizadores no geral preferiram o método de interação através de “Deslizar a mão” e “Pressionar a página”, com maior inclinação para o método de deslizar a mão, isto deve-se à situação de familiarização de interação com dispositivos eletrónicos atualmente, e esse método comum traduz-se para as expectativas em ambientes virtuais. O método de “controlo por voz”, apesar de não ser considerado a melhor forma para interação com um livro virtual, foi considerado um método com potencial para interação adicional com um sistema de RV, que poder ser implementado para interação que não requer o contato físico com um objeto. O método de interação através de um “mecanismo” como um *slider*, como explorado no Protótipo #12 – Controlo deslizante, demonstra potencial para formas de interação que requerem o contacto tátil do utilizador, este é um método que poder ser mais direcionado para controlo de intensidades do sistema ou parâmetros de conteúdos apresentados no ambiente virtual.

O género dos utilizadores não revela ser um fator que afete a escolha na preferência dos métodos de interação com um livro virtual, conforme os dados analisados sobre o género dos participantes, apresentados na Tabela IX e demonstrados na Figura 7.14, os participantes de ambos os géneros apresentaram percentagens semelhantes na escolha do método B em 1º, como o mais preferido, seguindo do método B com uma variação maior, mas mesmo assim de forma aproximada, e os métodos C e D, ambas com baixa percentagem dos métodos mais preferidos. Desta forma, esta investigação demonstra que a preferência dos métodos de interação com um livro virtual, não tem grande variação relativo ao género dos utilizadores.

A idade dos participantes revela algumas variações na escolha dos métodos de interação com o livro virtual, conforme apresentado na Figura 7.15, a preferência do método B é considerado o mais preferido, seguido do método A, mas avaliando com uma maior segmentação dos dados, verificamos que quanto maior a idade dos participantes, o interesse pela interação através do método C, controlo por voz, também aumenta. Desta forma concluímos que o método A e B são considerados preferíveis pelo grupo de utilizadores que avaliaram os protótipos, e desta forma são os mais aptos na implementação do “VR Book”, mas se os conteúdos do livro virtual forem direcionados para um público mais adulto, a interação por voz poderá ser uma mais-valia na interação do utilizador.

Os resultados obtidos nesta avaliação, permite fazer as escolhas durante o desenvolvimento do “VR Book”, conforme apresentado no Capítulo 6, para que o produto criado seja bem recebido pelos utilizadores no geral, e podendo assim optar por métodos específicos de interação, quando os conteúdos do livro virtual forem direcionados para grupos de utilizadores com idades específicas.

Capítulo 8

Conclusão

A realização deste projeto contribuiu para compreender como sistemas de Realidade Virtual (RV) poderão ser utilizados como forma interação e visualização de informação em ambientes virtuais, onde a capacidade de colocar as pessoas em espaços gerados de forma completamente digital através de um computador, permite ao utilizador interagir com elementos digitais que não tem limites físicos para a sua apresentação.

Esses conteúdos digitais gerados num ambiente virtual poderão ser controlados e manipulados para visualização, ou como forma de interação com o sistema através dos movimentos físicos do utilizador. Utilizando tangíveis passivos, que sendo geometricamente representativos dos elementos do espaço virtual, torna possível uma experiência háptica realista para o utilizador, criando uma forma de interação que permite aos utilizadores manipularem objetos reais com consequências de interação no mundo virtual.

Recorrendo a marcadores visuais, como tradicionalmente utilizados em sistemas de Realidade Aumentada (RA), a sua aplicação em objetos físicos permitiu converter essa interação, do mundo real para o mundo virtual. Através do processamento de imagem por computador, usando a câmara de um dispositivo, permitiu fazer o rastreamento dos objetos entendido pelo sistema, criando assim uma forma de *input* com o computador. Através de um rastreamento em tempo real dos marcadores visuais, esta forma de *input* é reproduzida no ambiente virtual, que permite ao utilizador agir de igual forma no ambiente digital. Este método permite que controladores genéricos de interação com sistemas de RV, possam ser substituídos por objetos contruídos para interações específicas em que esses controladores genéricos não são apropriados ou permitem a melhor eficiência para a interação ou apresentação de conteúdos.

A elaboração destes objetos pode ter mais foco na construção geométrica, os materiais de construção utilizados, texturas ou relevos aplicados. Não sendo necessário tecnologias eletrónicas para o desenvolvimento destas formas de controlador, permite que sejam contruídos com um custo baixo, tornando-as mais acessíveis ao público em geral, ou mesmo que os utilizadores os possam contruir. Um utilizador poderá facilmente fazer a impressão de marcadores e aplica-los um objeto, e assim utiliza-los como forma de interface com o computador.

Em contrapartida, o contacto visual direto entre a câmara e o marcador visual do objeto, é um aspeto fundamental e necessário para que esta forma de *input* tenha o efeito pretendido com o sistema. Apesar do utilizador manter o contacto físico com o objeto, se o computador não tiver a possibilidade de fazer o rastreamento do marcador visual na sua totalidade, então falha a experiência de interação, impedindo a visualização e comunicação com a aplicação.

A conjugação com a área de multimédia é importante para uma melhor experiência com este tipo de interface. A utilização de elementos digitais 3D, áudio, imagem e vídeo, são componentes que enriquecem a experiência da utilização, tanto na forma de interação, como nos conteúdos a consumir durante a experiência. Os resultados desta investigação permitiram entender a relevância do papel da área de Design e de Multimédia com sistemas de RV, com o suporte das novas tecnologias para a comunicação de informação.

A visualização dos conteúdos é tão importante como a audição de conteúdos. A relação entre o que o utilizador vê e ouve durante a experiência, é importante para elevar o realismo da experiência e interação quando usa o sistema. No desenvolvimento deste projeto, foram desenvolvidos conteúdos áudio sobre várias vertentes no sistema. Através da narração sincronizada com a visualização do vídeo apresentado no ambiente virtual, o utilizador pode escutar os conteúdos enquanto assiste ao vídeo ou explora os modelos 3D apresentados no espaço. As ações com o objeto físico também reproduzem sons que relacionam a ação executada pelo utilizador, dando-lhe mais um nível de *feedback* para além da forma tátil. Através dos ambientes 360º possíveis no sistema, estes permitem ser explorados com a reprodução de um som ambiente que corresponde ou é esperado desse ambiente. Este *feedback* sonoro permite aumentar a imersividade e realismo da experiência do utilizador.

A caracterização do espaço de design, é uma componente muito importante dos resultados desta dissertação. Esta caracterização permitiu criar um diálogo entre pessoas de diversas áreas profissionais e de formação, que levaram a uma geração e diversidade de ideias para o uso do conceito apresentado. Esta diversidade permitiu a ideação de protótipos com múltiplas dimensões: característica física; função principal do objeto tangível; modalidade de output; mobilidade do objeto; tipo de objeto; interpretação; métodos de acoplamento. A identificação e conjugação destas dimensões do espaço de design, permite abrir horizontes na conjugação de possíveis interligações e combinações para gerar novas ideias, e criar novos produtos ou formas de interação em ambientes virtuais.

Os resultados desta investigação contribuem para a área de estudo de HCI (*Human-Computer Interfaces*) e TUI (*Tangible User Interfaces*), por estas novas formas de interação com sistemas digitais serem uma inovação aos métodos de interface utilizados tradicionalmente. Através de interfaces específicas e especializados para determinadas interações, abre portas à criação de novos equipamentos ou formas de interação, cujos controladores e periféricos tradicionais são limitadores e não permitem executar tarefas com a melhor eficiência.

Como trabalho futuro, é interessante aprofundar tudo o que não foi possível explorar nesta investigação. Com a continuação do desenvolvimento da tecnologia, será importante continuar a utilizar os métodos desenvolvidos neste projeto, com novos dispositivos que utilizam outra tecnologia, e que poderão beneficiar e melhorar a interação com os sistemas.

A área de RA esta a par com a área de RV, e considero que os resultados produzidos com esta investigação poderão ser aplicados de forma a beneficiar quando se aumenta a realidade em vários ambientes. Tradicionalmente a visualização de RA, não recorre a interação do utilizador, para além da possibilidade de direcionar a câmara do dispositivo para determinadas posições. Os resultados desta dissertação poderão ser aplicados diretamente a sistemas que utilizam RA, porque este tipo de sistema também utiliza a captação de imagem pela câmara. Dessa forma quando o é aumentada a realidade através do processamento da imagem captada, poderão ser implementadas as formas de interação tal como exploradas neste projeto, dando ao utilizador a capacidade de interação com os conteúdos que serão apresentados quando a realidade é aumentada, ou manipular os conteúdos quando estes são apresentados sobre a realidade, através de objetos disponíveis no espaço.

Os resultados do processo de design e desenvolvimento deste protótipo, permitiram a elaboração de um produto baseado no *feedback* dos utilizadores, que vão de encontro às expectativas e interesses dos utilizadores. Sendo que o processo de design realizado ao longo da investigação, foi essencial para o desenvolvimento e elaboração dos protótipos, porque só através das sessões realizadas e testes de usabilidade e avaliação, realizados durante os vários estados dos protótipos, foi possível verificar a eficiência, interesse e utilidade para os utilizadores, para os quais é direcionado o produto. Este *feedback* é crucial para o desenvolvimento de um produto que será usado por utilizadores comuns no ambiente para o qual foi desenvolvido.

O VR Book desenvolvido permitiu aferir as expectativas dos utilizadores de sistemas de RV, e com a avaliação de métodos de interação e conteúdos nesse tipo de sistemas digitais, verifiquei os métodos que têm uma maior probabilidade de satisfazer a experiência de interação e visualização de conteúdos pelos utilizadores. Os métodos de interação implementados no VR Book, embora tenham sido desenvolvidos para uma interação específica com o objeto, estes métodos poderão ser implementados em outros objetos e sistemas direcionados para interação em RV, que poderão substituir os métodos de interação frequentemente atingidos através de controladores genéricos. Estas novas formas de input poderão tornar vantajosa a interação, tornando mais adequada a determinados sistemas, e enriquecer a interação que o utilizador poderá considerar mais “natural”.

Com os resultados desta investigação, é verificada a necessidade da relação entre o objeto físico, o conteúdo digital, e a interação, para a criação de um produto útil e imersivo. A conjugação entre estas características de um produto para realidade virtual, é essencial para que a experiência do utilizador seja produtiva, funcional, aumentando assim nível de interesse para o utilizador durante a experiência. O transporte das formas de interação do utilizador no seu dia-a-dia, devem ser associadas às formas utilizadas no ambiente virtual que recorre ao objeto tangível, de modo a que as ações de interação do utilizador no ambiente virtual, possam ser feitas cognitivamente. O sucesso do desenvolvimento de formas interação através de tangíveis passivos, em ambientes virtuais, está dependente da eficiência na conjugação entre estas características de: objeto, interação e conteúdos.

Referências

- Araujo, B., Jota, R., Perumal, V., Yao, J. X., Singh, K., & Wigdor, D. (2016). Snake Charmer: Physically Enabling Virtual Objects. *Proceedings of the TEI '16: Tenth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction - TEI '16*, 218–226. <https://doi.org/10.1145/2839462.2839484>
- Aron, J. D., Brooks, Jr., F. P., Evans, B. O., Fairclough, J. W., Finerman, A., Galler, B. A., ... Stern, N. (1983). Discussion of the SPREAD Report, June 23, 1982. *IEEE Annals of the History of Computing*, 5(1), 27–44. <https://doi.org/10.1109/MAHC.1983.10010>
- Boger, Y. S., Pavlik, R. A., & Taylor, R. M. (2015). OSVR: An open-source virtual reality platform for both industry and academia. *2015 IEEE Virtual Reality Conference, VR 2015 - Proceedings*, 383–384. <https://doi.org/10.1109/VR.2015.7223456>
- Cardoso, J. C. S. (2016). Comparison of gesture, gamepad, and gaze-based locomotion for VR worlds. *Proceedings of the ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology, VRST, 02-04-Nove*, 319–320. <https://doi.org/10.1145/2993369.2996327>
- Carroll, J. M. (John M. (2002). *Human-computer interaction in the new millennium*. ACM Press.
- Chagué, S., & Charbonnier, C. (2016). Real virtuality. *Proceedings of the 2016 Virtual Reality International Conference on - VRIC '16*, 1–3. <https://doi.org/10.1145/2927929.2927945>
- Dulik, M., & Ladanyi, L. (2014). Surface detection and recognition using infrared light. *2014 ELEKTRO*, 159–164. <https://doi.org/10.1109/ELEKTRO.2014.6847893>
- Faulkner, C. (2018). Samsung Gear VR review. Retrieved October 25, 2019, from TechRadar website: <https://www.techradar.com/reviews/samsung-gear-vr-2017>
- Foundation, I. D. (2018). Augmented Reality – The Past , The Present and The Future. In *Interaction Design Foundation*. Retrieved from https://www.interaction-design.org/literature/article/augmented-reality-the-past-the-present-and-the-future?utm_source=newsletter&utm_medium=email&utm_content=letter2018-05-01&utm_campaign=all
- Holmquist, L. E., Redström, J., & Ljungstrand, P. (1999). Token-Based Access to Digital Information. In *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)* (Vol. 1707, pp. 234–245). https://doi.org/10.1007/3-540-48157-5_22
- Jih-fang Wang, Ronald T. Azuma, Gary Bishop, Vernon Chi, John Eyles, H. F. (1990). Tracking a head-mounted display in a room-sized environment with head-mounted cameras. *Helmet-Mounted Displays II*, 1290, 47–57. <https://doi.org/10.1117/12.20954>
- Kiss, J. (2014). Facebook buys virtual reality gaming firm for \$2bn. Retrieved June 10, 2019, from The Guardian website: <https://www.theguardian.com/technology/2014/mar/25/facebook-buys-virtual-reality-gaming-firm-oculus>
- Klimm, M., Walczak, D., & Ayen, D. (2019). JumpAR - Augmented Reality Platformer. *Extended Abstracts of the Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play Companion Extended Abstracts - CHI PLAY '19 Extended Abstracts*, 261–266. <https://doi.org/10.1145/3341215.3358249>

- MacLean, A., Young, R. M., Bellotti, V. M. E., & Moran, T. P. (1991). Questions, Options, and Criteria: Elements of Design Space Analysis. *Human-Computer Interaction*, 6(3–4), 201–250. <https://doi.org/10.1080/07370024.1991.9667168>
- Matthew Schnipper. (2015). The Rise and Fall and Rise of Virtual Reality. Retrieved September 16, 2019, from The Verge website: <https://www.theverge.com/a/virtual-reality>
- Mihelj, M., Novak, D., & Beguš, S. (2014). *Virtual Reality Technology and Applications*. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-6910-6>
- NASA. (1990). The Virtual Interface Environment Workstation.
- Nathan Chandler. (2015). How the Nintendo Power Glove Worked. Retrieved October 16, 2019, from <https://electronics.howstuffworks.com/nintendo-power-glove.htm>
- Nick Pino. (2019a). The best VR headset 2019: which headset offers the best virtual reality experience? Retrieved October 25, 2019, from TechRadar website: <https://www.techradar.com/news/the-best-vr-headset>
- Nick Pino. (2019b). Valve Index review. Retrieved October 25, 2019, from Tech Radar website: <https://www.techradar.com/reviews/valve-index>
- Oculus. (2019). Funcionalidades do Oculus Quest. Retrieved October 25, 2019, from <https://www.oculus.com/quest/features/>
- Shao, L. (2015). Hand movement and gesture recognition using Leap Motion Controller. *Stanford EE 267, Virtual Reality, Course Report*. Retrieved from https://stanford.edu/class/ee267/Spring2016/report_lin.pdf
- Slay, H., Thomas, B. H., & Vernik, R. (2002). *Tangible User Interaction Using Augmented Reality BT - Third Australasian User Interface Conference (AUIC2002)*. 7(February), 13–20. <https://doi.org/10.1145/563997.563988>
- Tanie, H., Yamane, K., & Nakamura, Y. (2005). High Marker Density Motion Capture by Retroreflective Mesh Suit. *Proceedings of the 2005 IEEE International Conference on Robotics and Automation*, 2884–2889. <https://doi.org/10.1109/ROBOT.2005.1570551>
- Ullmer, B., & Ishii, H. (2000). Emerging frameworks for tangible user interfaces. *IBM Systems Journal*, 39(3–4), 915–930. <https://doi.org/10.1147/sj.393.0915>
- Wang, D., & Danling. (2018). Exploring a narrative-based framework for historical exhibits combining JanusVR with photometric stereo. *Neural Computing and Applications*, 29(5), 1425–1432. <https://doi.org/10.1007/s00521-017-3201-7>
- Weichert, F., Bachmann, D., Rudak, B., & Fisseler, D. (2013). Analysis of the accuracy and robustness of the leap motion controller. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 13(5), 6380–6393. <https://doi.org/10.3390/s130506380>
- Whitmire, E., Benko, H., Holz, C., Ofek, E., & Sinclair, M. (2018). Haptic Revolver: Touch, Shear, Texture, and Shape Rendering on a Reconfigurable Virtual Reality Controller. *Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '18*, 1–12. <https://doi.org/10.1145/3173574.3173660>

Apêndices

Apêndice A

Características de dispositivos HMD de Realidade Virtual

	Oculus Quest	Oculus Rift S	Vive Cosmos	Playstation VR	Valve Index
Dependência	-	PC	PC	Consola	PC
Ligações	-	Fios	Fios	Fios	Fios
Armazenamento	64-128 GB	-	-	-	-
Resolução	1440x1600	1440x1280	1700x2880	1080x1920	1440x1600
Display	OLED	OLED	LED	OLED	LCD
<i>Refresh rate</i>	72 Hz	80 Hz	90 Hz	90 Hz	120 Hz
<i>Pos. Tracking</i>	Inside-out	Inside-out	Inside-out	Outside-in	Outside-in
Auscultadores	Sim	Sim	Sim	Não	Sim
Controlos	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Cameras	4	5	6	Externa	2
Plataforma	Android	PC	PC	PU	PC
Autonomia	3 h	-	-	-	-
Preço	\$399-\$499	\$399	\$699	\$299	\$999
Ano	2019	2019	2019	2016	2019

Apêndice B

Documento de consentimento de dados

Documento de Informação legal e consentimento informado sobre tratamento de dados pessoais na Universidade de Coimbra

1. Introdução

A sessão de ideação visa a experiência dos utilizadores com os protótipos desenvolvidos para o projeto, a fim obter informação e opiniões para alimentar o espaço de design para a investigação da minha dissertação de mestrado sobre “Interação em Realidade Virtual através de tangíveis passivos”.

2. Finalidade do tratamento dos dados:

Para uso exclusivo dos resultados da investigação da dissertação de Mestrado, a fim de relacionar a informação obtida através das entrevistas, com a área de trabalho, formação, experiência ou idade, de cada um dos utilizadores.

3. Identificação do responsável pelo tratamento dos dados:

Nome: Jorge Miguel Ribeiro Ferreira

Contacto: uc2018231512@student.uc.pt

Estabelecimento de Ensino: Universidade de Coimbra – Faculdade de Tecnologias e Ciência

4. Categorias de dados pessoais recolhidos e tratados:

Nome, género, idade, profissão, voz, imagem.

5. Forma de recolha e tratamento dos dados:

a. Recolha da informação pessoal em suporte de papel – Os dados pessoais serão tratados para fins da dissertação, não sendo utilizado o nome pessoal para os identificar, pelo que será utilizado um ID para os resultados publicados.

b. Recolha das entrevistas em suporte de áudio – Os ficheiros de áudio serão eliminados após a sua transcrição para suporte de texto digital.

6. Entidades a quem possam ser comunicados os dados:

Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

7. Transferência de dados para países terceiros:

Não aplicável

8. Interconexões:

Não aplicável

9. Prazo de conservação dos dados:

- a. Os dados serão conservados até dia 31 de julho de 2020
- b. As gravações de áudio serão eliminadas após a sua transcrição para suporte de texto digital.
- b. A informação de aspetos pessoais e resultados das entrevistas, serão utilizados na dissertação em questão, e dessa forma divulgados conforme a sua publicação impressa ou digital.

10. Formas de exercício dos direitos do titular dos dados:

Na qualidade de titular dos dados, em conformidade com a Lei, tenho o direito de acesso, o direito de retificação, o direito de apagamento, direito de limitação do tratamento, direito de portabilidade, direito de oposição e direito de não ficar sujeito a decisões automatizadas podendo estes ser exercidos a qualquer momento, por escrito, mediante comunicação por correio eletrónico para uc2018231512@student.uc.pt / junto da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra / junto do investigador coordenador Jorge Carlos dos Santos Cardoso;

11. Contacto do Encarregado de Proteção de Dados da Universidade de Coimbra.

O Encarregado de Proteção de Dados da Universidade de Coimbra, pode ser contactado por correio eletrónico, para epd@uc.pt

Eu, _____ abaixo assinado, tomei conhecimento da “Política de Privacidade e de Proteção de Dados da UC”, disponível www.uc.pt/protecao-de-dados/politica_de_privacidade e da presente informação de privacidade e, para os efeitos previstos no Regulamento Geral de Proteção de Dados (RGPD), declaro por este meio, prestar o meu EXPRESSO CONSENTIMENTO para o tratamento dos dados pessoais indicados no ponto 4, que são os considerados essenciais para as atividades referidas no ponto 2., ao responsável pelo tratamento, identificado no ponto 3, sob compromisso deste manter a confidencialidade dos dados.

O Responsável pelo Tratamento dos dados pessoais garante o cumprimento do disposto no RGPD, bem como na demais legislação aplicável, obrigando-se a respeitar e a cumprir os direitos expressos no ponto 10., quando aplicáveis, nos termos legais, e a não colocar à disposição de terceiros os dados pessoais de forma nominativa, sem a minha autorização pessoal.

Mais declaro, para os efeitos do RGPD, ter tomado pleno conhecimento e compreendido devidamente os direitos que me assistem relativamente aos meus dados pessoais e o teor completo da presente declaração, nomeadamente os fins a que esta se destina, bem como o presente tratamento de dados.

_____, _____ de _____ de 2020

(Assinatura conforme documento de identificação)

Apêndice C

Guião para a realização da sessão de ideação

Esta sessão de ideação visa explorar o espaço de design para a investigação da minha dissertação de mestrado sobre “INTERAÇÃO EM REALIDADE VIRTUAL ATRAVÉS DE TANGÍVEIS PASSIVOS”.

Irei apresentar 3 protótipos que permitem uma experiência tangível de interação em Realidade Virtual. No decorrer da utilização de cada protótipo: fale da experiência que está a ter, problemas que deteta, e esteja livre de comentar tudo o que achar relevante na sua experiência. O importante a retirar de cada experiência, são possíveis ideias de interação que considera que o protótipo poderia ser utilizado, ou ideias poderiam ser aplicadas ao género de interface apresentada. Poderá comentar durante a experiência, ou após tirar os óculos.

*** começar a gravação

Vamos iniciar. Coloque os óculos de RV. Ajuste a focagem e a distância entre os olhos.

*** Protótipo 1 – Cubos com peso

Manuseie os 3 objetos, observe-os com proximidade, e identifique cada um dos materiais.

Em que contexto poderia ver este protótipo a ser usado?

O que poderia ser alterado a este protótipo para ser mais interessante?

Que aplicação em Realidade Virtual idealiza capaz de usar uma interface com forma, peso e textura?

*** Protótipo 2 – Torre para abrir com sino

Explore o protótipo conforme possível, e observe o dinamismo do sino se possível.

O que poderia ser alterado a este protótipo para ser mais interessante?

Que tipo de interface, objeto ou modelo, imagina que pode tirar partido deste género de interação em Realidade Virtual?

*** Protótipo 3 – Livro com conteúdos multimédia

Explore o protótipo, e identifique qual o assunto retratado.

Em que contexto imagina este protótipo a ser utilizado?

O que poderia ser alterado a este protótipo para ser mais interessante?

Que conteúdos poderiam tirar o melhor partido com uma interface deste tipo?

*** parar e guardar a gravação

Obrigado pela sua participação.

Apêndice D

Formulário de participante na sessão de ideação

Formulário de informação pessoal dos participantes da sessão de ideação para o projeto de dissertação sobre “Interação em Realidade Virtual através de tangíveis passivos” do Mestrado em Design e Multimédia da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

1. ID : _____
2. Data : _____ - _____ - 2020
3. Nome : _____ (não obrigatório)
3. Género: _____ [M / F / O]
4. Idade : _____
6. Profissão : _____
7. Nível de experiência em RV: [nenhuma (0)] . [básico (1)] . [regular (2)] . [experiente (3)]

Apêndice E

Textos sobre a Universidade de Coimbra

Textos para gravação dos conteúdos áudio sobre a Universidade de Coimbra, durante o processo de desenvolvimento do “VR Book” .

Português

Inicialmente confinada ao Palácio Real, a Universidade foi-se estendendo por Coimbra, modificando-lhe a paisagem, tornando-a na cidade universitária. Foi alargada no século XX com a criação do Pólo II, dedicado às engenharias e tecnologias, e já neste século com um terceiro Pólo, na área das ciências da saúde. Hoje em dia, a Universidade de Coimbra conta com oito Faculdades, e mais de 22 mil alunos.

Inglês

Initially confined to the Royal Palace, the University was extended around Coimbra, changing its landscape, making it the university city. It was extended in the 20th century with the creation of a second campus, dedicated to engineering and technologies, and already in this century with a third campus, for the area of health sciences. Nowadays, the University of Coimbra has eight faculties, and more than 22 thousand students.

Espanhol

Inicialmente confinada al Palacio Real, la Universidad se extendió alrededor de Coimbra, cambiando su paisaje, convirtiéndola en la ciudad universitaria. Se amplió en el siglo XX con la creación de un campus secundario, dedicado a la ingeniería y las tecnologías, y ya en este siglo con un tercer campus, para el área de ciencias de la salud. Hoy en día, la Universidad de Coimbra tiene ocho facultades y más de 22 mil estudiantes.

Apêndice F

Dados recolhidos nas sessões de ideação

Informação dos utilizadores que participaram nas sessões de ideação

Informações pessoais dos participantes. Cada participante é identificada por um número de identificação único (ID), com a respetiva informação de género, idade, profissão e experiência em Realidade Virtual (Exp. RV). Os números de identificação foram atribuídos conforme o decorrer das sessões de ideação.

ID	Género	Idade	Profissão	Exp. RV
1	Masculino	27	Engenheiro Civil	1
2	Feminino	41	Administrativa	0
3	Feminino	52	Web Designer	0
4	Masculino	54	Professor de teologia	0
5	Masculino	43	Técnico de informática	0
6	Feminino	43	Técnica de relações internacionais	1
7	Masculino	42	Comunicação de turismo	2
8	Feminino	44	Coordenadora de turismo	1
9	Masculino	49	Comercial	2
10	Feminino	48	Guia de visitas	1
11	Feminino	44	Gestora de projetos	2
12	Masculino	51	Professor de Informática	2
13	Masculino	38	Arquiteto	1
14	Masculino	55	Professor de Ciências Farmacêuticas	1

*Exp. RV = Experiência em Realidade Virtual

Intervalo de idade dos participantes

Idades	Quant.	Percent.
20 a 29 anos	1	7%
30 a 39 anos	1	7%
40 a 49 anos	8	57%
50 a 59 anos	4	29%

Problemas identificados pelos utilizadores durante a utilização dos protótipos nas sessões de ideação.

Nº	Descrição do problema
1	Objetos desapareciam quando pegava nos objetos (mão tapava o marcador).
2	Não conseguia ver as das partes da torre aberta porque estava a segurar muito próximo.
3	O sino não tocava quando olhava para ele.
4	Tenho dificuldade em ler os textos do livro.
5	Não conseguia ver os outros objetos, porque estava a segurar um deles em frente dos restantes que estavam em cima da mesa.
6	O sino desaparece às vezes.
7	Teve receio que alguém a visse “naquela figura”.
8	Os elementos desaparecem frequentemente.
9	O livro parecia estar muito ao fundo e achava que não iria conseguir pegar.
10	Como não estava à espera do movimento de “abrir” algo, seja reproduzido no virtual, quando abriu a caixa pensou que tinha iniciado uma animação de uma caixa a abrir para ver o interior.
11	O sino foi confundido com uma lâmpada a abanar.
12	Falhou a reprodução do som do sino.
13	Dificuldade em ver os objetos nas pesa porque necessita de direcionar a câmara para os mesmos, o que obriga a baixar mais a cabeça que o normal.
14	Surpreso que poderia pegar fisicamente com a mão nos objetos que via virtualmente.
15	O objeto desapareceu quando o tentou pegar.
16	Explicado para pegar de lado no objeto para não tapar o marcador, coloquei os objetos nas palmas das mãos.
17	O terceiro objeto em cima da mesa desaparecia constantemente (por estar a ser tapado).
18	Não surgiram ideias com o protótipo dos pesos.
19	O sino não reproduziu o som ao início, mas mais para a frente reproduziu.

Ideias geradas nas sessões de ideação

Ideias resultantes no decorrer das sessões de ideação e entrevistas realizadas com os participantes.

Nº	Descrição da ideia
1	Observar materiais para finalizar construção civil, e visualizar materiais aplicados no espaço.
2	Catálogo de obras de construção civil em 3D e vídeo.
3	Suporte para ver modelos de edifícios e explorar por dentro.
4	Pegar em objetos para conhecer as cores, materiais, etc.
5	Abrir equipamentos para conhecer como funciona por dentro.
6	Portfólio com vídeos e multimédia que não funciona em papel.
7	Página web que funciona como livro.
8	Livro com cada página a mostrar uma camada da construção de um edifício em 3D.
9	Livro com cada página a mostrar a degradação/mudanças de edifícios em 3D.
10	Livro de entrevistas em áudio.
11	Suporte multimédia que no início pode escolher a língua dos conteúdos.
12	Utilizar conteúdos de língua gestual.
13	Materializar objetos religiosos.
14	Livro de história que ao ser livro é acompanhado por sons ambiente das respetivas eras.
15	Abrir um computador e utilizar objetos como módulos de componentes.
16	Livro com um 'pc build' em vídeo, cada pagina tem um capítulo.
17	Suporte para cozinhar, com os ingredientes e um vídeo ou 3d do chefe a fazer e explicar.
18	Na biblioteca joanina poder tirar um livro da prateleira e observar por fora e abrir.
19	Livro em que a história salta, os monumentos saltam em 3D quando abre a página.
20	Subir alguns degraus para ver a zona do sino da torre.
21	Utilizar um objeto para bater no sino da universidade.
22	Livro sobre flores com um <i>pop-up</i> das flores.
23	Livro com texturas de pelos.
24	Poder sentir a textura e formas de determinadas partes de monumentos, estantes, e outras coisas.
25	Poder pegar e observar de perto em 3D nos objetos icónicos do museu.
26	Ver documentos em que as palavras importantes saltam/mudam cor quando olho nessa direção.

27	Sentir o cheiro da lamparina na capela.
28	Ver o órgão da capela e poder pressionar as teclas para reproduzir os diferentes sons dos tubos.
29	Olhar para os tubos do órgão da capela e reproduzir os respetivos sons.
30	Ouvir uma banda sonora respetiva com o conteúdo que vejo.
31	Explorar uma maquete de arquitetura interiormente.
32	Desmontar por partes uma maquete de uma construção para ver por dentro.
33	Tirar partes de uma maquete para transformar/alterar o conteúdo interior.
34	Controlar para ver um piso em corte.
35	Ver a animação de visa de um piso dentro de uma maquete.
36	Criar um espaço de “escape room” para utilizar os objetos para resolver os enigmas.
37	Sentir o peso de diversos objetos para aprendizagem de densidades, como volumes iguais tem pesos diferentes, e volumes diferentes têm pesos iguais.
38	Abrir a Biblioteca Joanina para tirar cada piso e explorar na palma da mão.

Apêndice G

Grupos de ideias criados na sessão de Card Sorting

Grupos de ideias geradores durante as sessões de ideação, entrevistas e *brainstorming*. O grupo de ideias é representado através de uma letra, a descrição da ideia é representada através de um número único.

	ID	Descrição do grupo / ideia
A	Características físicas de objetos	
	1	Pegar em objetos para conhecer os materiais.
	2	Objetos com dimensões diferentes para conhecer formas geométricas.
	3	Objeto com pormenores físicos e virtuais em objeto tangível.
	4	Texturas de pelo de animais para pessoas alérgicas.
	5	Conhecer texturas de objetos de física.
	6	Mexer e abrir um livro da prateleira da Biblioteca Joanina da UC.
	7	Sentir as texturas e formas de monumentos.
	8	Ensino para relação entre volume e densidade de materiais.
B	Objeto como input do sistema	
	1	Utilizar objeto para bater no sino da Universidade e reproduzir o som.
	2	Escolher a língua dos conteúdos da aplicação.
	4	Escolher materiais de construção para aplicar num espaço.
	5	Objeto que permite mudar de local.
	6	Mover posição do corte do piso de uma construção.
	7	Objeto como chave para leitor no sistema.
	8	Abanar o objeto para ativar um conteúdo multimédia.
	9	Utilização de “tokens” que são colocados em posições específicas para alterar estados do sistema, como o ambiente, cor de modelos visualizados, ou escolher uma língua.
	10	Utilização de objetos para visualização de dados alterando o tipo de gráfico.
	11	Controlador musical para escolher música/playlist conforme posição do objeto.
C	Modalidade de output associada à manipulação do objeto	
	1	Tocar nas teclas de um órgão da capela da UC para ouvir os sons.
	2	Suporte para ouvir entrevistas em áudio.
	3	Ouvir os sons de um local ou época que se está a ver em 360º.
	4	Livro em que acompanhado pelos sons ambiente em cada página.
	5	Escolha dos conteúdos conforme a face visualizada.

	6	Jogo para mandar um objeto e aproximar de um local, com múltiplos jogadores a jogarem e ver quem fica mais próximo.
	7	Livro multimédia para visualizar vários tipos de conteúdos que podem ser explorados através da manipulação das páginas.
	8	Livro com uma historia infantil, em que é mostrada uma imagem da história em cada página, e que reproduz uma voz a contar a história de cada página.
	9	Reprodução de vídeo num formado de páginas de livro aberto, em que cada página mostra metade do vídeo e assim permite tornar o vídeo “dobrável”.
D	Objetos tangível como proxy do conteúdo manipulável	
	1	Rastreamento de marcadores visuais peças de para jogos, com as texturas do objetos virtuais para relacionar com a realidade.
	2	Pegar e observar objetos icónicos do museu em 3D.
	3	Catálogo de produtos ou trabalhos.
	4	Equilibrar elementos para aprendizagem.
	5	Escolher as camadas de um edifício em 3D.
	6	Alterar a degradação ou mudanças de edifícios no tempo.
	7	Pop-ups animados quando visualizado um objeto.
	8	Abrir a Biblioteca Joanina para tirar cada piso e explorar na palma da mão.
9	Obter informações adicionais num mapa quando olhar para um local próximo da visão do utilizador.	
E	Objetos ativos e dinâmicos num suporte digital	
	1	Rastreamento permite marcadores ilimitados com interação.
	2	Escolha e movimentação de marcadores na tela.
	3	Alteração do tamanho do marcador/modelo.
	4	Geração aleatória de marcadores.
	5	Multi-toque permite fundir marcadores.
	6	Utilização de diversos marcadores visuais para mostrar múltiplos canais de televisão.
	7	Marcadores apresentados através dos comandos por voz.
8	Utilizar um gadget no pulso para interação com os conteúdos visualizados.	
F	Objeto com várias camadas	
	1	Livro em que a história salta quando se abre a página.
	2	Suporte para cozinha com receita e vídeo a ensinar.
	3	Catálogo 3D de produtos.
	4	Página web que funciona como um livro.
	5	Suporte que permite escolher uma camada para visualizar conteúdos de vídeo com língua gestual.
6	Demonstração de uma construção por capítulos.	

	7	Portfólio multimédia.
G	Objetos reconfiguráveis	
	1	Tirar partes de uma maquete para alterar a construção.
	2	Criar um “escape room” para utilizar os objetos para resolver os enigmas.
	3	Utilizar objetos para contruir um modelo 3D.
	4	Utilizar módulos para conhecer os componentes de um computador.
	5	Abrir modelos para conhecer como funcionam por dentro.
	6	Abrir uma jaula para sentir o contacto com animais.
	7	Utilização de marcadores com íman para colocar em diversos locais.
	8	Criação de um puzzle através da manipulação de marcadores.
	9	Objeto que permite ser esticado, como o abrir de uma gaveta, mas que no ambiente virtual permite mostrar o objeto a ser esticado/moldado.
H	Interação mágica	
	1	Inspecionar uma maqueta para ‘entrar’ dentro do espaço
	2	Filtros como “lentes” para escolher espaços 360º diferentes.
	3	Portal para poder olhar para dentro de outro ambiente.
	4	Ativar a vida num modelo apresentado.
	5	Aventura gráfica através da escolha de ambientes por ligações escolhidas pelo utilizador.
	6	Livro que cada página mostra um determinado local, e que permite ao utilizador entrar nesse local de forma 360º para explorar em volta.
	7	Dar comandos por voz para interação com os conteúdos VR.
	8	Fazer o movimento com a mão de desfolhar um livro para mudar uma página digital.
I	Comportamentos genéricos	
	1	Ver textos em que as palavras importantes “saltam” á vista dinamicamente.
	2	Ativação de cheiros ao tocar em diversas coisas para conhecer seu aroma.
	3	Altear o ambiente do espaço no tempo do local visualizado.
	4	Visualizar uma história utilizando conteúdos animados.
	5	Livro com imagens contado em áudio para crianças.
	6	Jogo para abrir portas como resposta a perguntas.
	7	Conteúdo mostrado provoca a alteração de temperatura no espaço, se tiver a ver com “fogo”, sente calor, se tiver a ver com “gelo”, sente frio.
	8	Visualização de gráficos sem limite de tamanho.
	9	Reprodutor de som que permite escolher a música e volume com a posição de objetos.
	10	Manipulação de objetos 3D para serem colocados na projeção 2D pedida.
11	Colocação de objetos com cores diferentes no respetivo nome da cor.	

Objetos fixos	
1	Marcadores na parede como um museu que o utilizador passa para ver, mas também tocar, que se for um quadro, reproduz o movimento físico do mesmo.
2	Marcadores nos objetos de uma sala para identificação virtual.
3	Subir degraus para uma zona superior inacessível.
4	Identificar objetos que posso pegar ou inamovíveis.
5	Marcadores no corpo para identificar partes do corpo em movimento.
6	Marcadores fixos no espaço para indicar direções para um local.
7	Sala de chat em que os utilizadores se identificam e também os lugares.
8	Jogo com marcadores em objetos pendurados, em que o utilizador se desvia ao ver algo perigoso.
9	Um “slider” fixo na parede ou numa mesa para manipular variações do ambiente à volta do utilizador.

Apêndice H

Formulário em português para teste de usabilidade online

Feedback sobre o Livro VR

Pretendo com este teste avaliar as expectativas e opinião relativamente ao comportamento de um sistema, formas de interação e conteúdos multimédia, num ambiente de realidade virtual através de objetos tangíveis.

O feedback da sua participação irá permitir-me avaliar o estado do protótipo e a sua opinião em relação ao mesmo. Sendo este uma adaptação de um teste de usabilidade (devido às condições da pandemia), tem toda a liberdade de dar a sua opinião sobre o que lhe é apresentado, identificar problemas, dificuldades, ou qualquer observação que considere pertinente.

Como funciona? Este sistema de realidade virtual utiliza visão por computador para fazer o rastreamento de padrões visuais aplicados num objeto tangível, que permite reproduzir o movimento dos objetos reais, nos elementos digitais visualizados no ambiente virtual.

Utilizador a manipular o Livro VR / Livro com marcadores aplicados



Objetivo da participação na investigação deste projeto

[vídeo] Transcrição do vídeo: Este é um protótipo tangível para interação em realidade virtual que utiliza visão por computador para fazer o rastreamento dos padrões visuais, e apresentar os conteúdos virtuais quanto interagimos com o objeto tangível. Pretendo com este teste avaliar as expectativas relativamente aos comportamentos do sistema, formas de interação, e conteúdos multimédia que espera poder recorrer em ambientes virtuais através de tangíveis passivos. Devido a esta situação da pandemia não me permite realizar presencialmente com os utilizadores para experimentarem o protótipo. Pretendo recolher o feedback em cada estado do protótipo, em que poderá comentar livremente e/ou respondendo às perguntas de cada secção, onde a sua opinião pode ir desde o que gostaria de ver com este suporte, até problemas que identifica. Terá cinco imagens para comentar sobre as suas expectativas, e cinco vídeos que demonstram o que iria ver em realidade virtual com a utilização do protótipo.

Dados pessoais

Dados pessoais somente para fins estatísticos dos utilizadores que participaram.

1. Profissão: _____

2. Idade: _____

3. Género: () Masculino () Feminino () Outro

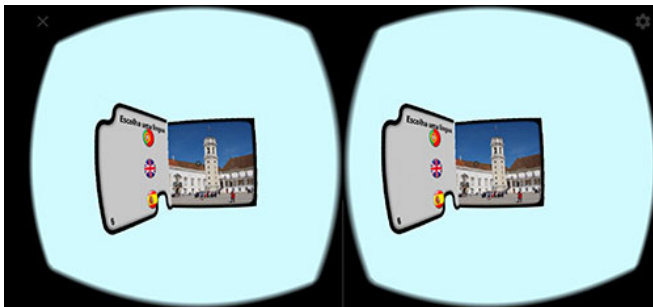
Secção A

Nesta secção deverá visualizar a sequência de imagens relativas cada página de um livro com o tema "Universidade de Coimbra" e responder às questões que me permite conhecer as suas expectativas em relação a formas de interação e aos conteúdos multimédia em realidade virtual.



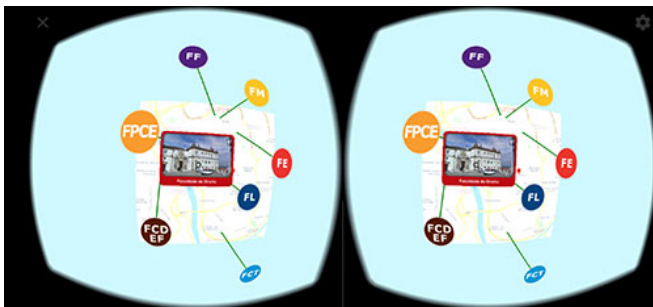
4. Página 1 : Capa

Que conteúdos multimédia considera que podem ser aplicados na capa de um livro VR para dar mais valor num ambiente virtual?



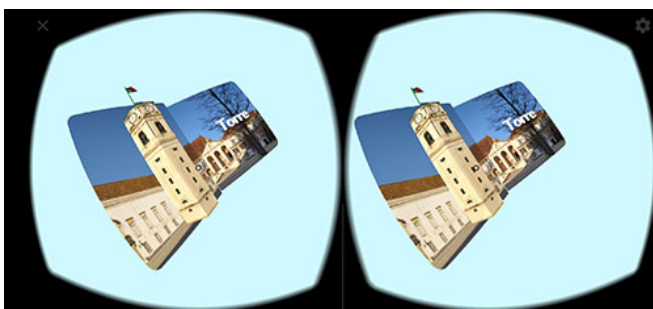
5. Página 2 : Vídeo e Áudio

Qual a melhor forma de apresentar Vídeo ou Áudio num livro virtual? Qual a forma mais natural em VR para mandar iniciar um vídeo? Como espera interagir para controlar ou alterar a reprodução de vídeo ou áudio em VR?



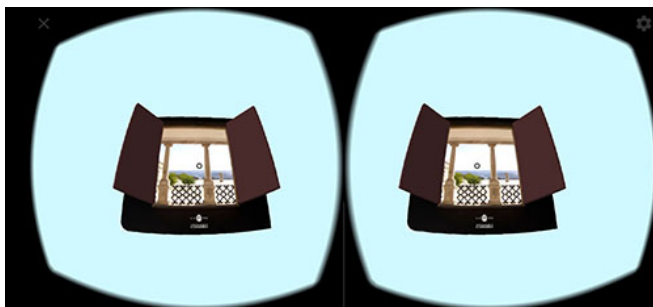
6. Página 3 : Ligações

De que forma idealiza utilizar hiperligações em ambientes virtuais? Dado a apresentação das várias faculdades, como espera interagir para 'entrar' dentro dessa opção? Para que outros conteúdos podiam ser utilizados hiperligações em VR?



7. Página 4 : Modelos 3D

Quais considera serem as vantagens da interação em realidade virtual com o objeto para manipular modelos 3D? Que tipo de modelos 3D gostaria de explorar com esta forma de interação? Que formas de interação gostaria de poder ter com modelo 3D em VR?



8. Página 5 : Contra-capa

Na contra-capa do livro, como imagina poder interagir para escolher um novo livro para explorar com o mesmo suporte tangível? Que conteúdos multimédia e interação ficariam melhor para terminar um livro?

Secção B

Nesta secção será demonstrado, através de vídeo, o conteúdo e interação com um protótipo com conteúdos do Projeto Santa Cruz - Reconstituição Digital 3D do Mosteiro de Santa Cruz de Coimbra em 1834 <https://santacruz.ces.uc.pt> . Deverá comentar para cada uma das páginas sobre a interação, conteúdos ou problemas, e dar a sua opinião ou sugestões. Esteja livre de comentar o que considerar importante.

Questões:

Que alterações faria na página do livro?

O que gosta e não gosta nessa página?

Que problemas identifica na demonstração?

Que conteúdos multimédia adicionava no contexto desta página?

Fale da interação que gostaria de ter com os elementos/conteúdos em VR.

Sugira outras formas de interação ou conteúdos que considere mais interessantes.

9. Demonstração da página 2 : Vídeo e Áudio [vídeo]

<https://www.youtube.com/watch?v=6Dgcl39Iu7s>



10. Demonstração da página 3 : Ligações [vídeo]

<https://www.youtube.com/watch?v=ynpM8ZSQjk>



11. Demonstração da página 4 : Modelos 3D [vídeo]

<https://www.youtube.com/watch?v=bQhE3ZWOxtc>



Secção C

Nesta secção poderá fazer uma avaliação geral do protótipo visualizado, deixar um comentário adicional, observações, ou informação que considere relevante adicionar.

12. Opinião geral do protótipo

Nota 1 - Não gostei / pouco interessante

Nota 2 - Gostei / interessante

Nota 3 - Gostei muito / muito interessante

13. Conteúdos multimédia – Descreva que outros conteúdos multimédia gostaria de ter neste tipo de ambiente virtual? (música, sons, animação, imagens, fotografia, estados dinâmicos, texto, cor, texturas, geometrias, modelos 3D, wireframes, etc.)

14. Interação – Descreva como como gostaria de interagir em Realidade Virtual através de objetos tangíveis. (olhar, toque, proximidade, pressão, movimento, tokens, mecanismos, botões, colisões, etc.)

15. Dimensões – Descreva que outras opções gostaria de atribuir aos tangíveis passivos. (forma, texturas, peso, tamanho, cheiro, temperatura, etc.)

16. Observações e comentários adicionais relativo ao protótipo.

Apêndice I

Formulário em inglês para teste de usabilidade online

Feedback about the VR Book

With this test I intend to evaluate expectations and opinions regarding the behaviour of a system, forms of interaction and multimedia content, in a virtual reality environment through tangible objects.

The feedback from your participation will allow me to evaluate the state of the prototype and your opinion of it. This being an adaptation of a usability test (due to the conditions of the pandemic), you are completely free to give your opinion on what is presented to you, identifying problems, difficulties, or any observations you consider relevant.

How it works? This virtual reality system uses computer vision to track visual patterns placed on a tangible object, which allows to reproduce the movement of real objects in the digital elements visualized in the virtual environment.

User manipulating the VR Book / Book with markers applied

[image of the user and the prototype]

Objective of participating in the research of this project

[video] Video transcription: This is tangible prototype for interaction in virtual reality that uses computer vision to track visual patterns, and show the virtual content when we interact with the tangible object. With this test I want to evaluate the expectations of the user, regarding the behaviour of the system, ways of interaction with objects, and types of multimedia content the user is expecting to view in virtual reality using tangibles. Because of this pandemic situation, does not allow me to do these tests in person with users to experiment the prototype. I want to collect feedback in every stage of the prototype, where the user can comment freely or answer questions in each section, your opinion or criticism can go from content you'd like to see with the support to problems you identify. You will have five images to comment about your expectations, and five videos that will demonstrate what you'll see in virtual reality using this prototype.

Personal information

The Personal information is only for statistical purposes of users who participated.

1. Profession: _____

2. Age: ____

3. Genre: () Male () Female () Other

Section A

In this section, you should view the sequence of images related to each page of a book with the theme "University of Coimbra", and answer the questions that allow me to know your expectations regarding ways of interaction and multimedia content in virtual reality.

4. Page 1 : Cover

What multimedia content do you think can be applied to the cover of a VR Book to give more value in a virtual environment?

5. Page 2 : Video and Audio

What is the best way to present Video or Audio in a virtual book? What is the most natural way in VR to start a video? How do you expect to interact to control or change the video or audio playback in VR?

6. Page 3 : Links

How you intend to use hyperlinks in virtual environments? Given the presentation of the various faculties, how do you expect to interact to 'enter' that option? What other content could VR links can be used for?

7. Page 4 : 3D models

What do you consider the advantages of interaction in virtual reality with the object to manipulate 3D models? What kind of 3D models would you like to manipulate/explore with this form of interaction in VR? What ways of interaction would you like to have with a 3D model in VR?

8. Page 5 : Back cover

On the back cover of the book, how do you imagine being able to interact to choose a new book to explore with the same tangible support? What kind of multimedia and interaction content would be best for finish the book?

Section B

This section will be demonstrated with video, the content and interaction with a prototype with contents from the Project Santa Cruz - 3D Digital Reconstitution of the Santa Cruz Monastery of Coimbra in 1834 <https://santacruz.ces.uc.pt>. You should comment on each of the pages about the interaction, content or problems, and give your opinion or suggestions. Be free to comment on what you think is important.

Questions:

What changes would you make to the page on the book?

What do you like and dislike about this page?

What problems do you identify in the demonstration?

What multimedia content would you add in the context of this page?

Talk about the interaction you would like to have with the elements/content in VR.

Suggest other forms of interaction or content that you find most interesting.

9 Demo page 2 : Video and Audio [video] <https://www.youtube.com/watch?v=6Dgcl39Iu7s>

10. Demo page 3 : Links [video] <https://www.youtube.com/watch?v=-ynpM8ZSQjk>

11. Demo page 4 : 3D models [video] <https://www.youtube.com/watch?v=bQhE3ZWOxtc>

Section C

In this section you can make a general assessment of the prototype you viewed, leave additional comments, observations, or information that you consider relevant to add.

12. General opinion of the prototype

() Grade 1 - Disliked / not interesting

() Grade 2 - Liked / interesting

() Grade 3 - I liked it very much / very interesting

13. Multimedia content – Describe what other multimedia content you would like to have in this type of virtual environment? (music, sounds, animation, images, photography, dynamic states, text, color, textures, geometries, 3D models, wireframes, ...)
14. Interaction – Describe how you would like to interact in Virtual Reality through tangible objects. (look, touch, proximity, pressure, movement, tokens, mechanisms, buttons, collisions, ...)
15. Dimensions – Describe what other dimensions you would like to add to passive tangibles. (shape, textures, weight, size, smell, temperature, ...)
16. Additional observations and comments regarding the prototype.

Apêndice J

Resultados dos Avaliação de usabilidade do VR Book

Dados recolhidos através do formulário online em português (Apêndice H), e formulário em inglês (Apêndice I). Os dados foram recolhidos entre as datas 2020-04-21 e 2020-05-08, ao longo de 18 dias, com 21 participantes que colaboraram com 200 opiniões.

Secção de informação pessoal

Profissão

Resposta	Quant.	Variações da resposta
Desenvolvedor de RV	2	I do VR, CEO VR Studio
Designer	4	Designer, Diseñadora grafica, Designer & Illustrator
Engenheiro elétrico	1	Engenheiro de sistemas elétricos
Estudante	5	
Funcionário Público	1	
Futurista	1	Futurist
Investigador	1	
Marketing	2	Marketing, Head of Marketing
Operador de câmara	1	
Professor	2	Professor, Teacher
Programador	1	

Idade

Resposta	Quant.
20 anos	1
21 anos	1
22 anos	3
24 anos	1
25 anos	1
26 anos	1

Resposta	Quant.
28 anos	2
31 anos	1
32 anos	1
33 anos	1
34 anos	1
38 anos	1

Resposta	Quant.
40 anos	1
41 anos	1
43 anos	1
46 anos	1
47 anos	1
52 anos	1

Intervalos de idade

Resposta	Quant.	Percent.
10 a 19 anos	0	0%
20 a 29 anos	10	48%
30 a 39 anos	4	24%
40 a 49 anos	5	24%
50 a 59 anos	1	5%

Género

Resposta	Quant.	Percent.
Masculino	14	67%
Feminino	7	33%
Outro	0	0%

Secção A: Expetativas

Página 1 : Capa – Que conteúdos multimédia considera que podem ser aplicados na capa de um livro VR para dar mais valor num ambiente virtual?

1	Vídeo como um trailer do livro
2	Uma capa com animação torna o livro mais apelativo ao leitor. Numa estante com vários livros disponíveis, a lombada pode mudar de cor para poder identificar géneros de livros.
3	Todos os formatos podem acrescentar valor, desde modelos 3D sobre o tema até ao autor, em video-chroma, a apresentar a obra. A oportunidade de fazermos isso em VR e não AR é a oportunidade de vermos em 360 - logo, a experiencia de leitura de um livro deixa de estar concentrada na capa ou nas páginas e é uma experiencia imersiva - o objeto livro é essencialmente um comando que despoleta experiencias, mas já não despoleta a experiencia de leitura da capa.
4	Para explorar melhor o meio, elementos 3d e animações seriam interessantes para a capa
5	Uma capa animada com video.
6	Conteudos multimedia na capa , um video explicativo do que é ese libro.
7	a possibilidade de escolher o layout
8	Um modelo 3d a imagem da capa
9	Cores vibrantes para tornam a experiência mais interessante
10	não sei se seria possível ou se vai ao encontro dos objetivos mas se calhar adicionaria o som de alguém a falar sobre o mesmo, talvez a ler a sinopse
11	A possibilidade de visualizar o(s) objeto(s) da própria capa em diferentes perspectivas e com diferente detalhe (possibilidade de aproximar e/ou afastar). Durante este processo também pode ser apresentado ao utilizador informação complementar ao que está a visualizar naquele momento.
12	You are going to want to do more than you do on most pages of a VR book or else there isn't any point to doing it. So embedded video at the least, animated 3D character welcoming you to the book would be nice.
13	Dynamic content on the cover can better choose the book.
14	Pop up animations for text - avoid flat information where possible
15	Index an overview of the contents inside.
16	It depends on the book. It can be just a 2D image like above or some fancy 3D effects... it depends on the topic. For art, I would expect 3d stuff of course.

Página 2 : Vídeo e Áudio – Qual a melhor forma de apresentar Vídeo ou Áudio num livro virtual? • Qual a forma mais natural em VR para mandar iniciar um vídeo? • Como espera interagir para controlar ou alterar a reprodução de vídeo ou áudio em VR?

1	Pegar nos vídeos e é reproduzido o vídeo que eu seguro, e quando liberto o vídeo ele fica no sítio onde o deixei.
2	A forma mais natural seria pressionar no vídeo apresentado na página, e voltar a pressionar para parar. Para navegar no vídeo, pode-se apertar a página no limite direito ou esquerdo, para andar para a frente ou para trás no posição.
3	Videos 360, dado que a imersividade é uma das virtudes do VR. Para interação com o video, eye-tracking e voz.
4	Comandos de voz penso que seriam mais intuitivos

5	Iniciar o vídeo quando vejo a página, abrir o vídeo em ecrã completo como se tivesse a ver no smartphone.
6	A presentar un video ou audio, EU colocaría un botao grande de play como si fuese YouTube com una descrição do conteúdo.
7	Na verdade não tenho ideia de como se utiliza un VR mas com un control como da televisao? um botao no lente?
8	o vídeo pode iniciar quando é aproximado
9	Áudio, interagindo com comandos de voz
10	Quando abrir a página inicia o vídeo. Para parar o vídeo podes tocar na página. Para alterar o vídeo podes abanar a página.
11	Através de um controlador
12	Seguindo o conceito dos smartphones 'foldable' e dos ecrãs de película, se mostrar o vídeo estendido nas duas páginas, posso dobrar o vídeo com o movimento de dobrar o livro.
13	Relativamente à 1ª questão, o vídeo e o áudio (daqui em diante chamarei de elementos multimédia) deverão ser reproduzidos de forma o mais automática possível, evitando múltiplas interações por parte dos utilizadores. Desta forma, em resposta à 2ª pergunta, julgo que não existe nenhuma forma natural de iniciar ou parar estes elementos multimédia, com excepção de alguns casos já conhecidos e utilizados, como realizando determinados movimentos específicos com a cabeça. Por último, relativamente à 3ª pergunta, julgo que apenas o reproduzir e parar o vídeo é suficiente, embora o avançar ou recuar dos elementos multimédia em x segundos, possa também ser útil.
14	Video could start automatically but you want a quick gesture to stop/start.
15	I wish I could touch the videos around me and direct my eyes to what I want to see.
16	People are still stuck in the "double tap" with mouse pointer or fingers if using hand tracking. Eventually it will move to gaze or swipe with controllers/hands
17	I guess through headphones and V-goggles. Voice to control (as opposed to UI)
18	Probably a button on the book to start the video. then I expect some controls on the wrist for the options a-la Leap Motion style

Página 3 : Ligações – De que forma idealiza utilizar hiperligações em ambientes virtuais? • Dado a apresentação das várias faculdades, como espera interagir para 'entrar' dentro dessa opção? • Para que outros conteúdos podiam ser utilizadas hiperligações em VR?

1	As ligações podem permitir que se abram coisas adicionais sobre um tema sem ter que ver outra página.
2	Logicas de menu, navegação dentro dos proprios videos ou através dos marcadores no livro.
3	Podemos interagir com palavras tal vez ? Dizendo ENTRAR EM
4	As hiperligacoes podem ser para obter mais informacao sobre alguma cosa que tenha a ver com. conteúdo do livro
5	Para fazer apresentações de temas que através desta tecnologia seja mais apelador
6	A posição da mão na posição 3D do link faz ativar a ligação. Utilizar para abrir um vídeo.
7	se estivessem mais afastadas podia aceder mantendo a direção do meu olhar durante algum tempo na direção da faculdade em causa. Poderia aceder não só ao website da mesma como também a pequenos vídeos de alunos e professores a falar sobre a faculdade e cursos que abrange
8	A página teria zonas para pressionar que correspondem a possíveis opções de ligações, a página física pode ter relevos que fazem sentir que é nessa posição que deverá pressionar.
9	Verbalizando o nome da hiperligação em que pretendo interagir, por exemplo "FCTUC".

10	Jump to a new page in the book or drill down for more information.
11	On the side of the page can have several tabs that when I touch them, it changes the content of the page. Could be use for study.
12	Links should be used to join other users in a virtual environment or to connect and look up data from Wiki etc. There is no real web integration that feels natural yet as they all present a flat screen to read data - may as well use a real life flat screen
13	Via voice. the least I have to manipulate with my hands, the better. Links used to provide info on the book and related content.
14	Links could open a web browser close to you that shows the content. Not easy to be done in Unity, I know.

Página 4 : Modelos 3D – Quais considera serem as vantagens da interação em realidade virtual com o objeto para manipular modelos 3D? • Que tipo de modelos 3D gostaria de manipular/explorar com esta forma de interação em VR? • Que formas de interação gostaria de poder ter com modelo 3D em VR ?

1	Permite eu ver na perspectiva que quero ver. Fazer a construção de cenários, com a montagem dos elementos para ver como fica a composição final de um espaço.
2	Posso ver um modelo 3d de qualquer lado, e eu escolho como mover o modelo. Isto é bom para idosos que são sabem utilizar a tecnologia, mas sabem mover um objeto normal.
3	Novamente, a oportunidade de imergir nos modelos 3D é a virtude da Realidade Virtual. Partilha remota de experiencias dee navegação com outros users ou mistura entre odelos 3D e videos são soluções que também me parecem interessantes.
4	É mais interessante ver modelos 3D, gostaria de pegar no modelo 3D para ver melhor.
5	Gostava de utilizar o 3D para formação de uma especialidade.
6	Acho que o mais interessante do vr é justamente ter o 3d, e ficar "dentro" também.gostaria entrar em lugares como museos e tambem fantasiosos
7	Formas de interação :as maiores posivels que possa escutar , e ver tudo com detalles.
8	forma de treinar os alunos sem colocar ninguém em perigo ou precisar de muitos objetos
9	Uma melhor interpretação e visualização do tema em análise
10	Tem a vantagem de poder ver um objeto através de várias posições e distâncias.
11	mais dinâmico, aproxima o user do objeto ainda mais, talvez mapas ou plantas da universidade ou faculdades ou até mesmo de Coimbra.
12	Estruturas de locais de turismo ou objetos que estão dispostos em locais de turismo ou museus.
13	Locais enigmáticos da UC, locais específicos e de enorme valor patrimonial existente em cada faculdade, projetos de investigação adaptáveis a este formato, entre outros.
14	Again you want to make the model worth your while to have it depending on the subject matter.
15	Objects can be explored freely. I would like to touch the objects that are presented and be able to take them off the page.
16	Pop up models you can zoom in to, rotate or move out of the way to reveal what is behind them.
17	I have always dreamed of a system that could show me things in sucha way that I can even see what is not even there anymore (i.e. ruins) If I go to an ancient archeologic place, or a ruin, I'd like to see how this was via 3D models. This is soemthing I still wonder nobody is already providing. It'd make the whole experience much more interesting and my idea of things would be much greater. From viewing the outside and inside to being able to see the parts (architecture and components of a given building for

	example), to the changes thru time, etc. Manual UI though is not my fav choice, unless easy and simple interface and use, voice whenever possible, although I understand this could bring collateral problems such as many people giving orders to systems and overlapping commands.
18	Again, without knowing the book is difficult to state. But as in the video, having the models on top of the pages would be good. I don't expect interactions if I have to hold the book with my two hands.
19	This can be used in the real estate industry and bring benefits for both realtors and their clients

Página 5 : Contra-capa – Na contra-capa do livro, como imagina poder interagir para escolher um novo livro para explorar com o mesmo suporte tangível? • Que tipo de conteúdos multimédia e interação ficariam melhor para terminar um livro?

1	No final do livro pode ser mostrado várias capas à minha volta, e eu toco na capa que quero como o meu livro para que este faça o load do novo livro.
2	Baseado no livro que eu acabei de ler podem ser apresentados automaticamente alguns títulos relacionados com este livro. Funcionava como as ligações, e posso ler vários livros do meu interesse sempre com novas sugestões quanto termino cada livro.
3	Da mesma forma que a capa, diria.
4	Saber mais sobre o autor do livro, com uma ligação para a página ou algo sobre o autor, ou mais sobre o assunto do livro, neste caso sobre a universidade.
5	Na contra capa gostaria de ver o autor ! Como em cualquier livro, más com a possibilodade de wue ele conté sobre o livro
6	Se fosse posivel
7	Um pequeno vídeo que resume a história
8	A mesma solução apresentada para as hiperligações.
9	Product links would be good as would a note from the author.
10	It could have a list, which allows me to press to open a new book.
11	Small video clips of other available titles with links to open/purchase direct. Share with friends or recommendation system
12	similar books by topic, recommendations, best for user, best from author.
13	It could be nice a link to rate the book, or a social media widget to share your opinion about it

Secção B: Demonstrações

Página 2 : Vídeo e Áudio – Que alterações faria? O que gosta ou não gosta? Que problemas identifica? Como interagir com o vídeo e áudio?

1	Existe muito espaço não utilizado na página, o vídeo podia estar maior. Ou podia ter mais vídeos na página.
2	O vídeo devia estar maior, o áudio ouve-se bem, mas a imagem do vídeo é tão pequena que não percebo qual o assunto. Na imagem o texto também está muito pequeno e não consigo ler, não sei se em realidade virtual se consegue ler bem.
3	A interação com o livro enquanto fonte de informação é uma experiência tangível e que remete o user a um processo que ele já conhece, o que aproxima o UX do VR ao mundo fisico. Desafios: navegação dentro do contexto 360, ampliação/zoom da experiencia no livro, partilha de experiecia com outros users.
4	O espaço de trás distrai muito. Gosto da liberdade de mexer no livro para ver como quero.

5	Precisa de estar mais claro que é um vídeo, no início parecia apenas uma imagem
6	Me desculpa se não serve más fiquei com boca abierta! Wow que incrível ideia!!! Gostei tudo! Quero fazer crítica porque sei que é isso o que busca más não sei que dizer! As imagens no livro poderiam sair do livro quando vc tira para abaixo @?
7	uma das páginas às vezes desaparece, o vídeo podia ser visto em 360º
8	Os elementos deviam ter mais "espessura" em vez de serem mostrados como "planos".
9	Para aumentar ou tirar o áudio podia ser utilizado botões no canto da imagem para controlar a qualquer altura. O texto precisa de estar maior.
10	Gosto bastante da ideia do contexto, no entanto talvez fosse melhor dar mais destaque ao livro que penso estar bastante pequeno dando pouca evidência ao vídeo que passa mesmo parecendo estar bastante próximo do user.
11	a página da esquerda desaparece por algum tempo.
12	Procuraria dispor os elementos textuais e multimédia de uma forma mais adequada ao formato do livro virtual e a possibilidade de alternar entre o texto (com voz off) e o vídeo. Também seria importante podermos visualizar o vídeo em full-screen.
13	If you are using cardboard you are going to want to give your user a Reticle to point at the video and use the trigger to start/stop. The 3 elements of your book are not updating fast enough and it's distracting.
14	The background could have movement and not just be an image.
15	It would be better to zoom the information off the page to a larger floating option in front of the user as opposed to a book in a 3d environment
16	That is exactly what I am looking for, to be able to see what is not there anymore. If I go to the Parthenon in Greece, I'd like to see how it was back in the glorious day with all the splendor. Obviously in my fantasy, as I have never used Vr goggles I am surrounded by a virtual world where things build up from ruined building in present to what it was. A bit like they do on the TV series "Ingeniería Romana" where they present to the viewer the present ruined state of things to then build up a virtual model and let me see how it actually was.
17	I'm a bit brutal: I don't see the advantage of this solution over just looking at a 2D page. _without 3D model you lose your advantage.
18	It doesn't seem very comfortable to have to hold a book in the same position to watch a long video.

Página 3 : Ligações – O que gosta ou não gosta? Como interagir com as ligações? Que problemas identifica? Que conteúdos multimédia ou espaços usava neste contexto?

1	Estas ligações podem ser usadas para para criar uma aventura gráfica, em que o jogador pode saltar para diferentes espaços após realizar uma tarefa o resolver um enigma.
2	Gosto de poder em à volta o assunto que é mostrado na página, podia ter mais opções em que eu pressionava o sítio que queria ver. Podia ser usado para museus virtuais, onde eu posso ler sobre um local e depois escolher para estar nesse local e ver tudo à minha volta.
3	A oportunidade de podermos entrar numa das fotos no livro e navegar em mundos diferentes é extremamente interessante e pode dar azo a conteúdos gamificados. No UX, um dos desafios é manter o livro como uma ajuda e não como um obstáculo à navegação.
4	Dentro do espaço 3d adicionaria talvez informações adicionais e interativas relativas ao espaço
5	Gosto de poder ver o espaço à minha volta
6	a tecnologia pode ser usada para formação, utilizando diferentes ambiente para formar novos colaboradores

7	Gostei de tudo! A forma de interagir foi muito boa, nem pensei nisso.
8	se eu pudesse tocar nos objetos do espaço para onde entro seria muito interessante, como as cadeiras ou os quadros, iria sentir que realmente tinha sido transportada para esse lugar
9	Pode utilizar as ditas ligações para escolher espaço diferentes, dado ao jogador a escolha entre vários espaços possíveis.
10	O ambiente que olha m volta podia ter vida, movimento, com pessoas a passar à minha volta.
11	gosto da ideia em geral mas confesso que fiquei um pouco confuso com a esfera
12	as páginas ficou completamente brancas por alguns segundos, mas as imagens mantiveram os mesmo tom de cor, por isso se a direção da luz afeta a página também devia afetar o resto que está na página.
13	A possibilidade de visualizarmos o conteúdo arquitectónico dos locais de uma forma mais pormenorizada e com informações complementares (info, sugestões, etc.). Não ficarmos demasiado "bloqueados" aos 360º, podermos aproximar de determinadas áreas específicas e ver alguns pormenores.
14	Again the elements are out of sync. I do like the embedded 360
15	I liked being able to see a virtual space that seems to be the space presented in the book. This can be used for virtual tours where I can choose which place I want to visit.
16	Have possible links pop up off the page to signal to the user they are there, maybe outline boxes or highlight animation.
17	Oh, you are developing my dream, at last! I find it very interesting although probably it looks a bit distorted and the feeling of being looking thru a hole might be not the best, but i have never experienced lookingthru those Vgoggles, so I cannot say much more. I want this for ruins mainly. I'd include all sorts of content, how they were, how life was, not only applying it to buildings but dayly like, surroundings. Like a scifi movie. Fantasies that might be true some day. I never even thought of links, but I guess Id like to interect by commanding orders.
18	I don't like that much the visual aspect. Plus, from a UX standpoint, I don't understand immediately what that sphere is for, it is not intuitive, you need a help guide.

Página 4 : Modelos 3D – O que gosta ou não gosta? Que modelos 3D seriam interessantes explorar? Como interagir com os elementos? Que problemas identifica? Que potencial vê neste método?

1	Ao utilizar estes objectos numa aventura gráfica, o jogador pode observar de perto um objecto para encontrar pormenores para resolver enigmas e continuar na história.
2	Isto permite quase entrar dentro dos modelos 3d ou espreitar para dentro da janela. Esta maneira de mover os modelos 3d é boa para idosos que não sabem mexer na tecnologia e podiam ter dificuldade de mover os modelos.
3	Não consigo encontrar o use case - o que vou ganhar ao ver um modelo 3D, ainda que com muito mais detalhe, mas àquela escala?
4	Gosto de poder ver de perto o modelo quase com a cabeça para ver dentro dele. Uma das páginas desaparece em certos momentos quando está virado para a estrada.
5	Espero interagir com as mãos. Posso mover o desenho à volta para ver tudo.
6	Gostei de tudo. Seria interessante os monumentos, ou lugares inacessivles economicamente, como un hotel ou cosa desde tipo . EU vejo muito potencial! Adorei. Acho tambem muito interesante ñara as crianças ! Acho que disfrutariam muito e os país comprarían. Éxitos!!
7	Se for mostrado numa das página um modelo 3d, então na outra página pode ter formas para alterar o modelo mostrado, como cor, texturas, construir ou desconstruir, abrir o modelo, e outras coisas conforme o objetivo do modelo mostrado.

8	Possibilidade de visualizar apenas um objeto e com mais detalhe e/ou interação.
9	It's not bad but I would like to see a texture on the model
10	Large monuments in which when approaching the eyes it allows to enter that space and see around it as in the previous example.
11	May be best to have the book disappear when a model appears with an option to "return to book"? Will allow you to display a larger model for better viewing but harder for the user to manipulate
12	I find them interesting for a preview. Like this it looks a bit wonky though. Interaction could be gestual or voice commands. Probably this would be interesting as a preview to identify content I might be interested in or to visualise something in a smaller scale which can be really interesting too.
13	I know it's a POC, anyway models should be more colored and detailed than the one of the demo.
14	Can be used very large models that allows me to walk around to view them.

Secção C: Avaliação geral

Opinião geral do protótipo

Opção	Quant.	Percent.
Nota 1 - Não gostei / pouco interessante	1	4%
Nota 2 - Gostei / interessante	10	48%
Nota 3 - Gostei muito / muito interessante	10	48%

Conteúdos multimédia – Descreva que outros conteúdos multimédia gostaria de ter neste tipo de ambiente virtual? (música, sons, animação, imagens, fotografia, estados dinâmicos, texto, cor, texturas, geometrias, modelos 3D, wireframes, etc.)

1	Hologramas ou avatars para poder falar com alguém através de realidade virtual.
2	Algumas das páginas são muito simples e têm apenas uma imagem. O texto precisa de ser mostrado de outra maneira, não sei se dá para ler bem.
3	Mais do que formatos, o desafio de se contar uma historia pode ser determinante para a aplicabilidade prática da solução. Profissionais de storytelling podem ajudar - checka Eduardo Acquarone.
4	Como olha o espaço a sua volta, podia utilizar o som ambiente desse espaço para ter mais realismo.
5	Mais modelos 3D
6	Música de ambiente quando fica num lugsr. Animações.imagens de animais.
7	Modelo 3D com texturas realistas.
8	Modelos 3D maiores e com mais detalhe que eu possa ver por dentro.
9	talvez alterar o contexto à medida que se muda de página mas não com muita frequência para não se tornar confuso
10	3d que podem ser alterados enquanto são vistos. Podem ser usados sons conforme são aplicadas as alterações ao modelo, como se alterar a cor ouvir o som de um spray, se abrir o modelo ouvir o som que o material faria ao ser movido na realidade, se o modelo for aberto então reproduz som do que se iria ouvir dentro do modelo, visto que o modelo mostrado anteriormente pertence a um mosteiro ou igreja, pode-se ouvir rezas dos monges ou da igreja.
11	Conteúdo de curta duração e o mais ilustrativos possíveis.

12	Appropriate to the subject matter and enough value add to make it worthwhile. The 360 stands out as something you can't get in a flat book.
13	More color can be used to make it more attractive and interesting.
14	All of those! The more the better. I dream for sometime and actively was asking for something like this. But all I have are my fantastic ideas of how I'd love to be introduced almost magically into a 3D world where things become what they were once instead of a pile of ruins where so many things are impossible to even guess. However hi quality graphics, and production would be the ideal, like HQ cinematics, sound poroduction, etc. I often find many 3D models quite low in quality.
15	Can be used larger 3D models.

Interação – Descreva como como gostaria de interagir em Realidade Virtual através de objectos tangíveis. (olhar, toque, proximidade, pressão, movimento, tokens, mecanismos, botões, colisões, etc.)

1	Utilizar objectos para resolver enigmas e saltar de espaço em espaço para percorrer uma história em forma de jogo.
2	O toque é a maneira mais comum como se fosse um tablet. Para andar com os vídeos para a frente e para trás pode-se apertar as zonas laterais das páginas com mais forma, aplicando pressão. Para o movimento dos modelos 3d o movimento da página resulta bem.
3	Todos me parecem interessantes, dependendo sempre da estoria a contar.
4	Toque seria o mais intuitivo
5	EU Acho que o mais simples so botones, tudo mundo entende um botao.gostei da ideia da proximidade tambem e movimiento.
6	Utilizar o objeto para escolher espaços que pode ver. Pode utilizar cada página para mostrar um espaço diferente, em que ao "abrir" cada página "abre" o espaço à sua volta.
7	Gostava de poder escolher através de tocar nas opções que surgem, entrar em novos sítios e andar por esses sítios.
8	toque seria muito interessante se possível, garantia toda uma outra vertente de interação e aproximaria o user ainda mais do objeto
9	alguma forma de toque, em que o toque faz algo acontecer visualmente e auditivamente.
10	Todos eles.
11	Tabs can be used as buttons to make choices about what show.
12	Well, I was a bit shy to say look before, but obviously that'd be fantastic too. Movement also. Voice. Gestures. I am not so much a fan of touch UI's. As a UI designer myself I find them to be old fashioned and uncomfortable not to say incomprehensible and the learning curve sometimes too long and stressful, unless is very simple or a very good UXer made it simple.

Dimensões – Descreva que outras opções gostaria de atribuir aos tangíveis passivos. (forma, texturas, peso, tamanho, cheiro, temperatura, etc.)

1	As páginas parecem ser muito finas, as páginas deviam ter mais espessura.
2	Criar objetos e contextos imersivos, que promovam experiências impossíveis fora do VR.
3	Usar a temperatura ou aromas conforme o espaço onde está.
4	Cheiro e temperatura
5	Texturas para o modelo 3D. Também pode ter peso. Alterar o tamanho para ver o modelo ainda maior, e quanto maior tamanho tiver, maior peso também podia sentir ao segurar.
6	texturas e cheiro. por exemplo na pare 3d em que demonstra os edifícios era interessante incorporar textura
7	Todos eles.
8	Using more dimensions like that, it can make the experience more immersive.
9	Textures would be interesting. Smell only if necessary to explain a given concept. Same for temperature and weight. Size for sure. Real like sizes please. I want to be in, not out. surrounded, not by side.
10	Textures can be used to make the experience more immersive, bigger size can make it more interesting.

Observações e comentários adicionais relativo ao protótipo.

1	Está interessante, acho que pode ser utilizado em museus.
2	Gostei
3	Precioso! Me encantó la idea. Deje todo de mi para responder espero haber ayudado y no haberte hecho perder el tiempo. Viejos!
4	podia ter formas de controlo para alterar os elementos que vão vistos
5	Se cada página permite ver algo diferente, então está limitado ao número de página físico do objeto, sendo um livro virtual podia ter páginas ilimitadas, pode usar apenas uma página mas que o movimento da mão ao desfolhar a página reproduz uma animação da folha a virar para a frente ou para trás, e assim o livro pode ter 2 ou 20 páginas sem ter que ter essa quantidade de páginas existentes. Torna assim num livro digital em que não está dependente das limitações físicas.
6	Gosto bastante está muito interessante e cativante. Apetece experimentar.
7	Está interessante, pode tornar a leitura de livros mais interessante, mas não de livros para ler.
8	A sua aplicabilidade prática é ainda muito reduzida, mas promissora.
9	Depending on your target market going with google cardboard is going to be a hard sell. Oculus go and quest are better choices.
10	Such an interesting project. I don't fancy either very much the idea of translating the look of a book to the virtual world, I kind of find that analogy unnecessary somehow and there are probably better ways to translate that into the Vreality. I just find those goggles a bit to big and in my unexperienced V reality world view, I can imagine those will be seen sooner than later as a primitive wonky tool that in a near future will be much smaller, lighter and won't make us look like were are androids moving a bit like C3PO ;)
11	I like the idea, but I think you should think better if we need it. As I told you, HTC already did something similar, but I haven't seen it become successful
12	It's interesting, but needs more work

Apêndice K

Guião e formulário para avaliação de técnicas de interação do VR Book

Este teste de avaliação tem o objetivo de avaliar a preferência dos utilizadores em relação à utilização de diversos protótipos para fins de interação com um objeto tangível de realidade virtual para “virar a página” de um livro virtual. Irá experimentar cada um dos protótipos para navegar entre as diferentes páginas do protótipo, e no final ordenar cada um dos protótipos por nível de preferência para a tarefa realizada.

1. Idade: () < 10 () 10 a 19 () 20 a 29 () 30 a 39 () 40 a 49 () 50 a 59 () > 59

2. Género: () Masculino () Feminino () Outro

Protótipos: [A] Pressionar uma zona específica na página
[B] Deslizar a mão numa zona específica na página
[C] Comandos de voz para avançar ou retroceder
[D] Movimentação de um mecanismo/slider elástico

3. Ordem de preferência – 1º - *Mais preferido* / 4º - *Menos preferido*

1º	2º	3º	4º
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

4. Razão da ordem escolhida (*opcional*)

5. Observações sobre cada forma de interação (*opcional*)

Protótipo A - Pressionar
Protótipo B - Deslizar
Protótipo C - Voz
Protótipo D - Mecanismo/Slider

Apêndice L

Aplicação para avaliação de técnicas de interação do VR Book

Avaliação da preferência entre 4 formas de interação para "virar a página" num livro virtual em realidade virtual. Deverá assistir ao vídeo de demonstração das formas de interação e de seguida preencher a idade e género, e clicar nas imagens pela ordem de preferência. Ainda que sendo opcional, poderá dar *feedback* da razão da ordem escolhida e opiniões sobre cada forma de interação apresentada.

Idade

< 10 10 a 19 20 a 29 30 a 39 40 a 49 50 a 59 > 59 anos

Género

Masculino Feminino Outro

Protótipos: [A] Pressionar uma zona específica na página

[B] Deslizar a mão numa zona específica na página

[C] Comandos de voz para avançar ou retroceder

[D] Movimentação de um mecanismo/slider elástico

Demonstração



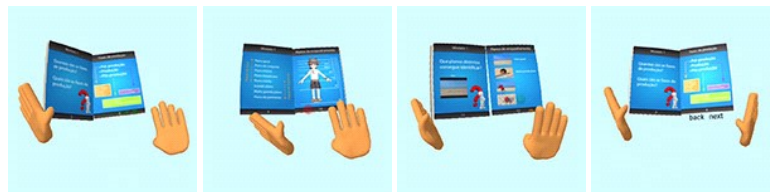
3. Ordem de preferência – 1º - *Mais preferido* / 4º - *Menos preferido*

A – Pressionar

B – Deslizar

C – Voz

D – Slider



Clique nas
imagens pela ordem
de preferência

Enviar

Limpar

4. Razão da ordem escolhida (opcional)

5. Observações sobre cada forma de interação (opcional)

Protótipo A - Pressionar

Protótipo B - Deslizar

Protótipo C - Voz

Protótipo D - Slider

Apêndice M

Resultados da avaliação de técnicas de interação do VR Book

Dados recolhidos através da aplicação online e de forma presencial através do guião e formulário (Apêndice K) e da aplicação online (Apêndice L). Os dados foram recolhidos entre as datas 2020-05-20 e 2020-05-27, ao longo de 8 dias, com 50 participantes.

Informação pessoal e ordenação da preferência

#	Utilizador		Ordem de preferência			
	Idade	Género	1º	2º	3º	4º
1	30	m	b	a	c	d
2	20	f	a	b	c	d
3	30	m	a	d	b	c
4	40	m	b	a	c	d
5	20	m	b	a	d	c
6	20	m	a	b	c	d
7	20	f	b	c	a	d
8	20	m	a	b	c	d
9	30	f	b	d	a	c
10	20	m	b	a	d	c
11	20	f	a	b	d	c
12	40	m	a	b	c	d
13	30	m	b	a	c	d
14	20	f	a	b	c	d
15	40	m	b	a	c	d
16	40	m	a	b	c	d
17	30	m	b	a	c	d
18	40	f	b	c	a	d
19	20	f	c	b	a	d
20	20	m	c	a	b	d
21	30	f	b	a	d	c
22	40	m	d	c	b	a
23	20	m	c	a	d	b
24	30	m	a	c	b	d
25	30	f	c	a	b	d
26	30	m	a	b	c	d
27	20	m	b	c	a	d
28	40	f	b	d	a	c
29	20	f	b	a	d	c
30	20	f	d	a	b	c

31	20	f	a	b	d	c
32	40	f	d	a	b	c
33	30	m	b	c	d	a
34	30	m	a	c	b	d
35	20	m	b	a	d	c
36	20	m	b	a	c	d
37	20	m	a	b	d	c
38	20	f	b	a	c	d
39	40	m	b	a	c	d
40	50	f	c	a	b	d
41	40	m	b	d	a	c
42	20	m	b	a	c	d
43	40	f	a	b	d	c
44	40	m	a	b	c	d
45	30	m	a	b	d	c
46	30	m	d	c	b	a
47	50	f	b	c	d	a
48	30	m	b	a	c	d
49	20	m	a	b	d	c
50	20	f	b	a	d	c

Opiniões relativas à escolha da ordem de preferência

#	Ordem	Razão
1	b, a, c, d	Sendo um conceito de um livro, a ação passar a mão para virar a página parece-me ser adequada.
3	a, d, b, c	Prefiro o pressionar porque é a essência do tema, de seguida o slider, deslizar e voz, por ordem que considero ser a iteração táctil mais adequada
5	b, a, d, c	B A D C, parece interessante o conceito de deslizar a mão na direção que pretendo avançar.
11	a, b, d, c	pressionar, deslizar, slide, voz. para pressionar (ou tocar) nos elementos do objeto.
25	c, a, b, d	Escolho a interação por voz, porque é uma método que pode ser usado em qualquer posição de uma aplicação ou jogo de realidade virtual.
28	b, d, a, c	o de "deslizar" e o "slider" têm um movimento da mão semelhante em realidade virtual, o fator diferencial será apenas o contacto físico
32	d, a, b, c	O mais próximo possível da experiência com o livro físico.
39	b, a, c, d	A primeira opção escolhida foi "deslizar" no entanto os movimentos para folhear seriam no sentido inverso do demonstrado, i.e. para passar à página seguinte deslizava no sentido esquerdo-direito.
48	b, a, c, d	B - Deslizar. Porque eu e muitos usuários já estão familiarizados com o deslizamento.

Opiniões sobre os métodos de interação apresentados

Método A – Pressionar a zona direita ou esquerda da página	
#	Opinião
3	O toque físico é importante visto o tema
11	A ideia de pressionar pode ser aplicada a outros objetos à volta do jogador
48	Aplicação complementar ao deslizar

Método B – Deslizar a mão para a direita ou esquerda numa zona da página	
#	Opinião
3	O deslizar talvez precise de algo tátil que indique a zona de interação
11	Utiliza a ideia de deslizar a mão para mudar variações de cor de forma mais precisa
32	O deslizar, para mi, só faria sentido, se imitasse o deslizar dos dedos na página física
48	Preferencial

Método C – Comandos por voz de “next” e “back”	
#	Opinião
3	A voz pode ser utilizada para outra forma de interação, mas não para mudar a página
5	Os comandos por voz têm que ser em inglês ou podem ser em português?
25	Caso hajam mais comandos por voz, será necessário informar o utilizador de todos os comandos, a não ser que hajam variações dos comandos e não seja necessário dizer a palavra exacta
48	Mesmo grau de importância que B, para usuários com algum grau de deficiência

Método D – Mover um mecanismo (<i>slider</i>) para a direita ou esquerda	
#	Opinião
3	O slider pode ser utilizado para alterar tamanho de algo, como o tamanho de um modelo, que posso aumentar ou reduzir
4	Este sistema pode apresentar alguns problemas da forma como foi demonstrado
48	Menos acção da parte do usuário

Quantidade e percentagem por idades do método preferido dos participantes

Método	20 a 29 anos		30 a 39 anos		40 a 49 anos		50 a 59 anos	
	Quant.	Percent.	Quant.	Percent.	Quant.	Percent.	Quant.	Percent.
A	8	36%	5	36%	4	33%	0	0%
B	10	45%	7	50%	6	50%	1	50%
C	3	14%	1	7%	0	0%	1	50%
D	1	5%	1	7%	2	17%	0	0%

Quantidade da escolha dos métodos de interação por idades dos participantes

Idade	Ordem	A	B	C	D
20 a 29 anos	1º	8	10	3	1
	2º	11	9	2	0
	3º	3	2	7	10
	4º	0	1	10	11
30 a 39 anos	1º	5	7	1	1
	2º	6	2	4	2
	3º	1	5	5	3
	4º	2	0	4	8
40 a 49 anos	1º	4	6	0	2
	2º	4	4	2	2
	3º	3	2	6	1
	4º	1	0	4	7
50 a 59 anos	1º	0	1	1	0
	2º	1	0	1	0
	3º	0	1	0	1
	4º	1	0	0	1