

Desenvolvimento de Recursos Educativos em Dispositivos Móveis

RealHiBook

Helder Miguel Azevedo Tato

**Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Informática, Área de Especialização em
Sistemas Gráficos e Multimédia**

Orientador: Doutora Paula Maria de Sá Oliveira Escudeiro

Co-orientador: Doutor Nuno Filipe Fonseca Vasconcelos Escudeiro

Júri:

Presidente:

Doutor João Paulo Jorge Pereira, DEI/ISEP

Vogais:

Doutor António Abel Vieira de Castro, DEI/ISEP

Doutora Paula Maria de Sá Oliveira Escudeiro, DEI/ISEP

Doutor Nuno Filipe Fonseca Vasconcelos Escudeiro, DEI/ISEP

Porto, Novembro 2013

*Dedico este trabalho aos meus pais e à minha namorada,
que sempre me apoiaram e acreditaram que seria possível.*

Resumo

Nos últimos anos têm existido bastantes pesquisas e um grande investimento quer na área da educação à distância quer ao nível das tecnologias móveis.

A dada altura percebeu-se que cada vez mais poderiam ser utilizados dispositivos móveis no contexto da educação e de que estes já seriam capazes de responder às exigências necessárias para que fosse possível criar ou melhorar cenários com recursos educativos.

Este trabalho tem como objetivo propor um modelo que facilite a aprendizagem em dispositivos móveis. Nesse sentido, decidiu-se que seria uma mais-valia adicionar a este projeto, a utilização da Realidade Aumentada como potenciador de melhorias no processo de aprendizagem.

A Realidade Aumentada, a par do que acontece com a educação à distância e com as tecnologias móveis, é uma área alvo de constantes investigações e inovação. Apresenta como principal capacidade a interação do utilizador com vários modelos virtuais incluídos numa cena real. Esta capacidade proporciona experiências que podem contribuir para o aumento da motivação e da perceção por parte dos alunos.

A forma como o utilizador interage com as aplicações móveis é vista com extrema importância, principalmente na área da educação. Aliar uma boa interação à utilização da Realidade Aumentada, é parte integrante deste trabalho.

Foram estudados exemplos de interações e formas como o utilizador vive a experiência durante a utilização de aplicações que partilham o mesmo tipo de tecnologias utilizadas neste projeto.

O objetivo final foca-se na criação de uma aplicação, capaz de fornecer uma experiência enriquecedora no âmbito do ensino, ligado ao tema história e que consiga fundamentar a criação de um modelo que facilite a aprendizagem utilizando plataformas móveis. Os objetivos são corroborados por um conjunto de testes efetuados à aplicação e pelos resultados obtidos através de um questionário feito a um grupo de pessoas que testaram o protótipo.

Palavras-chave: Educação à Distância, Recursos Educativos, Realidade Aumentada, Dispositivos Móveis, Processo de Aprendizagem, Aplicações Interativas.

Abstract

In recent years there have been plenty of research and a great investment both in the area of distance education and at the level of mobile technologies.

At one point it was realized that more and more mobile devices could be used in the context of education and that these would already be able to meet the requirements necessary so that they could to create or improve scenarios with educational resources.

This work aims to propose a model that facilitates learning on mobile devices. Accordingly, it was decided that it would be an asset to add to this project, the use of augmented reality as a potentiator of improvements in the learning process.

Augmented reality, aware of what happens to the distance education with mobile technologies is an area subject to constant research and innovation. Presents the main capability of the user interaction with multiple virtual models included in a real scene. This capability provides experiences that can contribute to increase the motivation and the perception from students.

The way the user interacts with mobile applications is seen as extremely important, especially in education. Ally a good interaction with the use of augmented reality, is an integral part of this work.

Have been studied interactions and examples of ways in which the user is experiencing during use applications sharing the same type of technology used in this project.

The final objective focuses on creating an application, able to provide an enriching experience in teaching, about the theme story, that can support the creation of a model that facilitates learning using mobile platforms. The objectives are supported by a set of tests performed on the application and the results obtained through a questionnaire to a group of people who tested the prototype.

Keywords: Distance Education, Educational Resources, Augmented Reality, Mobile Devices, Learning Process, Interactive Applications.

Agradecimentos

Gostaria, em primeiro lugar, de agradecer aos meus pais e à minha namorada por todo o apoio ao longo desta odisséia, acompanhando-me nas minhas vitórias e nas minhas derrotas, mas acima de tudo, pela sua presença inabalável, instigando-me constantemente a atingir os meus objetivos.

Não posso deixar de agradecer à minha orientadora Dr.^a Paula Escudeiro por toda a ajuda e apoio durante o processo de desenvolvimento desta tese e pelo espírito crítico com que sempre abordou as minhas dúvidas, questões e orientação bem delineada do trabalho que fui desenvolvendo.

Ao meu co-orientador Dr.^o Nuno Escudeiro pela ajuda e envolvimento em todo este processo de investigação.

Queria também agradecer ao Instituto Politécnico do Porto, ao Instituto Superior de Engenharia do Porto e ainda ao Departamento de Engenharia Informática por possibilitarem a minha evolução tanto a nível académico, como profissional, como pessoal e por disponibilizarem todos os meios e recursos para que todo este trabalho fosse possível.

Um agradecimento também a todos aqueles que colaboraram e contribuíram neste projeto como os que se prontificaram a participar no processo de testes e avaliação da aplicação. A todos eles uma palavra de apreço e agradecimento.

Um muito obrigado a todos aqueles que tornaram este trabalho possível e uma realidade.

Índice

1	Introdução	1
1.1	Introdução à Realidade Aumentada	1
1.2	Motivação	2
1.3	Hipótese	3
1.4	Objetivos	4
1.5	Metodologia / Métodos / Técnicas	5
1.6	Resultados / Avaliação	5
1.7	História	5
1.8	Futuro da Realidade Aumentada	7
1.9	Organização da tese	8
2	Conceitos e Objetos de Estudo	9
2.1	Educação	9
2.1.1	Ensino à distância	11
2.2	Experiência do utilizador e expectativas	14
2.2.1	Emoções no contexto da UX	17
2.2.2	O processo da UX	17
2.2.3	Perceção temporal da UX	18
2.2.4	Expectativas de utilização	19
2.3	<i>Google Glass</i>	20
2.4	<i>Wonderbook</i>	24
2.5	Mitologia da Grécia Antiga	29
3	Realidade Aumentada	33
3.1	Sistemas de Realidade Aumentada	34
3.2	Áreas de aplicação da Realidade Aumentada	38
3.2.1	Entretenimento	38
3.2.2	Navegação de aeronaves militares	39
3.2.3	Robótica - Planeamento de trajetórias	40
3.2.4	Produção e reparação	40
3.2.5	Aplicações médicas	41
3.2.6	Anotação e visualização	42
3.3	MAR - <i>Mobile Augmented Reality</i>	42
3.3.1	Características do MAR	43
3.4	Problemas e limitações conhecidas	46
3.5	Ferramentas de desenvolvimento de aplicações móveis RA	49
3.5.1	Sistema Operativo - <i>Android</i>	50
3.5.2	<i>Wikitude</i>	51

3.5.3	<i>Metaio</i>	52
3.5.4	<i>Qualcomm</i>	52
3.5.5	<i>Total Immersion</i>	53
3.5.6	<i>Catchoom</i>	53
3.5.7	Comparação das várias ferramentas de desenvolvimento	54
4	Implementação do projeto <i>RealHiBook</i>	57
4.1	Descrição do projeto	57
4.2	Plataforma de desenvolvimento	60
4.3	Arquitetura da aplicação	62
4.4	Reconhecimento de padrões e códigos visuais	64
4.5	Utilização de modelos virtuais	68
4.6	Interação com o utilizador	72
5	Testes e recolha de resultados	75
5.1	Avaliação da aplicação	75
5.2	Análise de resultados e experiência do utilizador	78
6	Conclusões	87
6.1	Conclusões do projeto	87
6.2	Considerações e trabalho futuro	90
	Referências	93
	Anexos	97
	Anexo I - Questionário de Avaliação Projeto <i>RealHiBook</i>	98
	Anexo II - Livro <i>RealHiBook</i>	101

Lista de Figuras

Figura 1 – <i>Sensorama</i> criado por Morton Heilig	6
Figura 2 – Aspectos que afetam a UX: Características do contexto, utilizador e sistema	18
Figura 3 – Intervalos de tempo da UX e processo interno ao longo do tempo	19
Figura 4 – Modelo temporal da UX: experiência e expectativas antes e depois da experiência	20
Figura 5 – Apresentação da informação no <i>Google Glass</i>	21
Figura 6 – Apresentação dos comandos para interagir com o <i>Google Glass</i>	22
Figura 7 – Modelo de funcionamento dos serviços de comunicação do <i>Google Glass</i>	24
Figura 8 – Imagem de Realidade Aumentada do <i>Wonderbook</i>	25
Figura 9 – Esboço da primeira ideia de Masami sobre o <i>Wonderbook</i>	26
Figura 10 – Esboço de interação do utilizador com um modelo animado no <i>Wonderbook</i>	27
Figura 11 – Esboço de interação do utilizador com um modelo estático no <i>Wonderbook</i>	27
Figura 12 – Diagrama de fluxo das ações e leitura de píxeis no <i>Wonderbook</i>	28
Figura 13 – Diagrama de fluxo de deteção de interações no <i>Wonderbook</i>	29
Figura 14 – Diagrama realidade misturada	34
Figura 15 – Diagrama sistema de visão ótica	35
Figura 16 – Diagrama sistema visão de vídeo	36
Figura 17 – Diagrama sistema de visão de vídeo baseado em monitor	37
Figura 18 – Exemplo de utilização da RA no cinema.....	39
Figura 19 – Exemplo de utilização da RA na navegação de aeronaves.....	39
Figura 20 – Exemplo de utilização da RA na robótica e planeamento de trajetórias	40
Figura 21 – Exemplo de utilização da RA em produção e reparações	41
Figura 22 – Exemplo de utilização da RA na medicina.....	41
Figura 23 – Exemplo de utilização da RA em anotações e visualização.....	42
Figura 24 – RA e a evolução da apresentação e obtenção da informação digital ao longo do tempo.....	45
Figura 25 – Arquitetura do sistema operativo <i>Android</i>	51
Figura 26 – Diagrama dos elementos <i>Catchoom</i>	54
Figura 27 – Ecrã de escolha do modo de interação da aplicação <i>RealHiBook</i>	58
Figura 28 – Exemplo de um dos ecrãs da aplicação com a visualização do mapa da Grécia.....	59
Figura 29 – Exemplo de resposta a uma das perguntas do <i>quiz</i> do <i>RealHiBook</i>	60
Figura 30 – Ambiente de desenvolvimento do <i>RealHiBook</i> no <i>Eclipse IDE</i>	61
Figura 31 – Arquitetura da aplicação <i>RealHiBook</i>	62
Figura 32 – Diagrama ilustrativo de um caso de uso do <i>RealHiBook</i> e interligação entre as várias camadas.....	63
Figura 33 – Exemplo de utilização do <i>Metaio Creator</i>	65
Figura 34 – Imagem ilustrativa das quatro fases de processamento do <i>Metaio SDK</i>	68
Figura 35 – Tipos de objetos e formatos suportados pelo <i>Metaio SDK</i> adaptado de	71
Figura 36 – Imagem ilustrativa do cenário de testes	76
Figura 37 – Gráfico com as respostas da pergunta 1.....	78

Figura 38 – Gráfico com as respostas da pergunta 2	79
Figura 39 – Gráfico com as respostas da pergunta 3	80
Figura 40 – Gráfico com as respostas da pergunta 4	80
Figura 41 – Gráfico com as respostas da pergunta 5	81
Figura 42 – Gráfico com as respostas da pergunta 6	82
Figura 43 – Gráfico com as respostas da pergunta 7	82
Figura 44 – Gráfico com as respostas da pergunta 8	83
Figura 45 – Gráfico com as respostas da pergunta 9	84
Figura 46 – Gráfico com as respostas da pergunta 10	84

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Comparação entre as várias gerações do ensino em relação aos intervenientes ...	13
Tabela 2 – Comparação entre as várias gerações do ensino em relação ao local de estudo	13
Tabela 3 – Comparação entre as várias gerações do ensino em relação aos suportes pedagógicos	14
Tabela 4 – Comparação entre as várias gerações do ensino em relação à tecnologia utilizada	14
Tabela 5 – Tabela resumo com os principais deuses da mitologia grega	30
Tabela 6 – Comparação dos SDKs estudados em relação à plataforma e rastreamento	55
Tabela 7 – Comparação dos SDKs estudados em relação aos recursos.....	56
Tabela 8 – Comparação dos SDKs estudados em relação à implementação em si e documentação	56
Tabela 9 – <i>Softwares</i> utilizados no desenvolvimento do projeto.....	62
Tabela 10 – Relação entre as imagens <i>target</i> utilizadas e a página/cena do livro	66
Tabela 11 – Exemplos de algumas interações do utilizador com a aplicação	73
Tabela 12 – Registo de tempos de resposta da aplicação <i>RealHiBook</i>	77

Acrónimos e Símbolos

Lista de Acrónimos

AAC LC	<i>Advanced Audio Coding, Lossy Compression</i>
ADT	<i>Android Development Tools</i>
AUX	<i>Anticipated User Experience</i>
AV	<i>Augmented Virtuality</i>
AVA	Ambiente Virtual de Aprendizagem
CIA	<i>Central Intelligence Agency</i>
CRS	<i>Catchoom Recognition Service</i>
EaD	Ensino à Distância
HCI	<i>Human Computer Interface</i>
HMD	<i>Head Mounted Display</i>
HUD	<i>Head-up display</i>
IA	<i>Intelligence Amplification</i>
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
JVM	<i>Java Virtual Machine</i>
MAR	<i>Mobile Augmented Reality</i>
MARIE	<i>Multimedia Augmented Reality Interface for E-learning</i>
NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i>
RA	Realidade Aumentada
REST	<i>Representational State Transfer</i>
SDK	<i>Software Development Kit</i>
UI	<i>User Interface</i>
UX	<i>User Experience</i>

VE	<i>Virtual Environment</i>
VR	<i>Virtual Reality</i>
XML	<i>Extensible Markup Language</i>

1 Introdução

Neste capítulo pretende-se definir o conceito de Realidade Aumentada e contextualizar a sua aplicação prática na aprendizagem através de dispositivos móveis.

Serão ainda apresentados os objetivos propostos, os fatores motivacionais que conduziram ao desenvolvimento deste trabalho, assim como o enquadramento, sob o ponto de vista evolutivo da Realidade Aumentada.

1.1 Introdução à Realidade Aumentada

A Realidade Aumentada (RA) é uma área de pesquisa que tem como objetivo melhorar e aumentar a perspetiva do mundo real através da sobreposição de dados informáticos.

Enquanto definição mais técnica e objetiva pode dizer-se que se trata de uma variação de *Virtual Environments* (VE), comumente denominada *Virtual Reality* (VR). Este tipo de tecnologia baseado em VE, transporta o utilizador para um ambiente completamente sintético e virtual. Em contraste, e sendo este o grande objetivo da RA pretende-se que o utilizador veja o mundo real em simbiose com objetos virtuais que complementam a cena. Num cenário ideal, o utilizador vê os objetos reais e virtuais coexistindo entre si no mesmo espaço em perfeita harmonia.

Porque se traduz numa vantagem a junção dos dois mundos, real e virtual? A RA amplifica a percepção e interação do utilizador com o mundo real; e os objetos virtuais transmitem informação que o utilizador não consegue detetar com os seus sentidos. Este tipo de informação fornecida pelos objetos virtuais facilita e auxilia a realização de tarefas do mundo real. Esta percepção do mundo possibilitada pela RA despertou o interesse de vários autores, como o caso de Fred Brooks (1996), que vê a RA como um exemplo de *Intelligence Amplification* (IA), "*using the computer as a tool to make a task easier for a human to perform*" [Brooks, 1996].

Embora se associe a RA apenas ao aspeto visual, também é possível atingir o seu propósito principal através de som, criando um ambiente sonoro em redor do utilizador, ou através de dispositivos tangíveis que tiram partido do toque para criar um ambiente específico.

[Azuma, 1993] identificou três características principais num sistema baseado em RA:

- Combina imagens virtuais com o mundo real;
- Interação em tempo real;
- Registo tridimensional de dados digitais.

1.2 Motivação

Já existem neste momento algumas aplicações com provas dadas em diversas áreas que utilizam tecnologias de Realidade Aumentada, áreas como a medicina ou turismo por exemplo, são bastante utilizadas para desenvolver aplicações deste tipo. Na área do ensino ainda não existem assim tantas aplicações e uma das grandes motivações é essencialmente poder contribuir para alargar este leque de ofertas e disponibilizar uma aplicação que seja capaz de utilizar esta tecnologia diretamente ligada ao tema história. Durante o desenvolvimento deste estudo não foi encontrada nenhuma aplicação semelhante nesta área ligada a este tema. Neste sentido pensou-se que seria uma mais-valia e um grande fator motivacional para o desenvolvimento deste livro de história interativo com Realidade Aumentada, o *RealHiBook*.

A título de exemplo, existe uma aplicação desenvolvida para o ensino através de Realidade Aumentada na área da Matemática, denominada *Multimedia Augmented Reality Interface for E-learning* (MARIE), desenvolvida pela Universidade de *Sussex*, no Reino Unido e cujo principal objetivo é o de melhorar o ensino e aprendizagem em ambientes de *e-learning* de Realidade Aumentada e apresentam como principal vantagem o baixo custo de desenvolvimento e a apresentação em tempo real. Uma das conclusões a que chegaram depois da elaboração do projeto MARIE é que existe ainda uma larga progressão nas técnicas de interação pessoa-máquina e o aprimoramento da navegação pela aplicação [Liarokapis et al., 2002]. Estas conclusões são vistas também como um fator motivacional para o desenvolvimento do *RealHiBook*, aplicar conceitos semelhantes mas ligados ao tema história, assim como melhorar a interação e navegação neste tipo de sistemas de ensino.

Para além da não existência de aplicações que utilizem esta tecnologia exatamente nos moldes propostos para este trabalho, existem algumas ferramentas analisadas e *software* livre com potencial e capacidades para desenvolver projetos deste género. É possível inovar e alargar as ofertas existentes no mercado com algumas ferramentas que já estão neste momento à nossa disposição. Torna-se desta forma também um grande fator motivacional o facto de podermos trabalhar sobre uma tecnologia bastante recente e ainda com bastante margem de progressão, a Realidade Aumentada, utilizando material já existente e acessível.

O mundo das tecnologias da informação é, por si só, um alvo de fascínio natural. Se considerarmos então as vantagens que podemos tirar destas tecnologias utilizando-as como

ferramentas para nos instruímos, se tudo o que nos rodeia hoje em dia, com toda a evolução da tecnologia, nos permitir aprender de forma mais rápida e inclusivamente mais interessante, porque não investirmos nesse sentido? Porque não investirmos com o objetivo de evoluirmos intelectualmente utilizando a tecnologia como um aliado e uma fonte segura de informação?

Os pontos descritos acima são os principais focos deste estudo: aprender de que forma as pessoas interiorizam melhor a informação e aprender a estabelecer uma relação pessoa-máquina simples e naturalmente aceite pela parte humana, no sentido de se envolver com a tecnologia, surgindo aqui um facilitador-chave desta conexão - a Realidade Aumentada.

A RA é uma tecnologia relativamente recente com um grande potencial que pode ser utilizada no processo de ensino/aprendizagem. Este projeto pretende demonstrar que o conceito didático em aplicações móveis através de RA é possível, imergindo o utilizador num cenário real com elementos virtuais de forma a transmitir informação interativa. Esta informação será baseada na apresentação e descrição dos deuses gregos, sendo este um tema que simultaneamente é um ponto de interesse para o autor e recorrentemente pesquisado.

É possível fazer-se aqui uma analogia entre a evolução da civilização grega durante a sua hegemonia e a evolução da humanidade conseguida através das novas tecnologias: uma evolução que difere nos conceitos mas que no seu âmago se relaciona essencialmente com o nosso crescimento e aprendizagem intelectual.

O tema abordado baseia-se num gosto pessoal mas que tem como objetivo provar que é possível ensinar história com uma aplicação didática de RA, sendo perfeitamente possível abordar diferentes temas dentro da “História” ou outra categoria.

O autor espera com este estudo aumentar os seus conhecimentos nesta área e procurar acrescentar algo inovador ao que já se conhece sobre esta tecnologia.

1.3 Hipótese

A hipótese principal que este projeto pretende responder é quanto à viabilidade do desenvolvimento de recursos educativos de características interativas para plataformas móveis e se é possível criar e avaliar um modelo que facilite a aprendizagem educativa em dispositivos móveis.

A partir desta hipótese surgiram mais algumas questões que se tornam relevantes para a implementação do projeto, nomeadamente:

- Já existem aplicações semelhantes e com o mesmo tipo de recursos?
- Que funcionalidades utilizadas noutras aplicações existentes podem ser aplicadas neste projeto?
- Quais são as características que tornam uma aplicação móvel apelativa para o utilizador?

- Quais os tipos de interação com a aplicação que os utilizadores preferem e que ao mesmo tempo potenciam a aprendizagem?
- Qual a utilidade da Realidade Aumentada aplicada à aprendizagem em dispositivos móveis?
- Que ferramenta e que tipos de *software* são possíveis de utilizar para a criação deste tipo de projetos?

1.4 Objetivos

No sentido de responder à hipótese e questões anteriormente formuladas, definiu-se o objetivo principal desta dissertação, que passa pelo desenvolvimento de um protótipo que consiste num livro educativo constituído por imagens e códigos visuais que, ao ser interpretado por um dispositivo móvel contendo a aplicação *RealHiBook*, transportará o indivíduo para um cenário interativo, imergindo num contexto histórico centrado na Mitologia da Grécia Antiga.

Este trabalho pretende inovar e melhorar a forma como as ferramentas de ensino interagem com o utilizador e transmitem informação, no sentido de expandir a percepção visual, otimizar a experiência e interiorização do conhecimento.

Esta abordagem obriga a uma visão ampla no que toca à utilização da computação gráfica, sistemas móveis, dispositivos de visualização, códigos visuais e análise dos fatores humanos.

Este estudo tem como objetivo explorar a utilização de dispositivos e aplicações móveis no ensino, com o intuito de aumentar e facilitar a aprendizagem.

Para que esta aplicação didática, o *RealHiBook*, tenha sucesso, é necessário aplicar o conceito de RA de forma a incorporar um ambiente real num cenário virtual. Esta aplicação deverá ser feita de forma confortável e não intrusiva, para que o utilizador não percecionasse apenas o cenário virtual mas a junção de um todo de forma natural.

O trabalho foi desenvolvido em várias fases, contemplando análises consistentes e objetivas. Começamos por estudar a evolução e estado atual da Realidade Aumentada; passando depois à identificação de ferramentas e dispositivos utilizados para projetos semelhantes; à análise e experimentação de modelos 3D, cenários e realidade virtual e aplicações de ensino à distância que utilizam *e-learning*.

Por último, foi realizada uma análise às potencialidades da aplicação, a sua utilização, a interação pessoa-máquina, favorecendo a interação simples e intuitiva, a reação do utilizador ao que a aplicação é capaz de oferecer e ainda o processo de aprendizagem.

A aplicação foi testada num grupo de dez pessoas previamente selecionadas. Posteriormente, os indivíduos responderam a um questionário (Anexo I), no qual resumiram e avaliaram a sua experiência.

1.5 Metodologia / Métodos / Técnicas

É importante realçar que com este estudo se pretende propor um novo modelo que facilite a aprendizagem educativa em dispositivos móveis. Para criar esse novo modelo foi necessário estudar algumas metodologias já usadas no ensino à distância, perceber quais as vantagens e desvantagens de cada um dos tipos de ensino, ou seja, ensino à distância e ensino tradicional e quais os métodos e técnicas utilizados por cada um deles.

Pretende-se que o modelo desenvolvido seja capaz de facilitar o desenvolvimento de novas aplicações para dispositivos móveis e que seguindo as suas orientações seja possível atingir o nível de qualidade e propósitos exigidos.

1.6 Resultados / Avaliação

É importante concluir se o estudo e a aplicação desenvolvida corroboram a hipótese formulada. Para se conseguir fazer essa avaliação foi proposto a um grupo heterogéneo de dez pessoas que respondessem a um questionário depois de utilizarem a aplicação. O questionário (Anexo I) é composto por dez perguntas que pretendem avaliar a satisfação dos utilizadores tendo em conta vários aspetos relacionados com a qualidade e facilidade de utilização do protótipo. Desta forma foi possível avaliar se o projeto é capaz de desempenhar o que foi proposto e acima de tudo se é possível aplicar o modelo educativo para dispositivos móveis criado por este estudo.

1.7 História

O conceito de VR tornou-se mais comum há relativamente pouco tempo, por volta da década de 90. No entanto, a sua exploração e descoberta das suas potencialidades iniciou-se na década de 50 através de um cineasta chamado Morton Heilig, que acreditava que ao introduzir a VR no cinema estimularia os sentidos do público, fazendo com que a narrativa fosse vivenciada de uma forma diferente, como se fizessem parte do filme.

No ano de 1960 Heilig construiu uma espécie de simulador, o qual denominou "*Sensorama*", este simulador tinha a capacidade de reproduzir filmes com imagens estereoscópicas, som estéreo, difusão de odores, ventiladores para simular vento e uma cadeira móvel que reproduzia o efeito de alguns movimentos representados no filme. Heilig desenvolveu ainda uma espécie de TV que incorporou no topo do dispositivo para que o utilizador tivesse uma perceção 3D do filme. Para efeitos de teste foram utilizados filmes em que os utilizadores podiam usufruir de uma experiência muito semelhante a andar de bicicleta, motociclo ou helicóptero.



Figura 1 – *Sensorama* criado por Morton Heilig

O utilizador não tinha qualquer tipo de interação com o filme, mas o conceito essencial que Morton Heilig queria demonstrar foi alcançado com sucesso e a sua investigação foi um importante impulsionador da evolução da VR.

Em 1961, a *Philco Corporation*, uma empresa Norte Americana pioneira na construção de baterias, rádios e televisões, juntou um grupo de engenheiros com o objetivo de iniciarem investigações na área da VR. Este grupo de engenheiros foi o responsável pela criação do primeiro *Head Mounted Display* (HMD) denominado *Headsight*. O HMD era composto por um ecrã e um sistema de localização ligado a um circuito fechado de câmaras, que permitia ao utilizador observar um ambiente real remotamente sendo que com a rotação da cabeça em várias direções o ângulo das câmaras ligadas ao circuito era ajustado. A motivação para a criação deste dispositivo foi a sua utilização em situações perigosas.

Outra empresa, a *Bell Laboratories*, utilizou um HMD muito semelhante. Equiparam helicópteros com câmaras de infravermelhos na base da fuselagem e os pilotos, ao utilizarem estes capacetes, podiam com movimentos da cabeça rodar as câmaras e fazerem voos noturnos tendo imagens claras do ambiente circundante.

Em 1965, Ivan Sutherland, um cientista ligado à área da computação, idealizou um *display*, com a finalidade de permitir ao utilizador ter uma imagem do mundo virtual o mais real e próxima possível do mundo físico onde vivia, ao que ele chamava de "*Ultimate Display*". Esta visão de Sutherland foi bastante importante no desenvolvimento da VR pois funcionou como guia de orientação nas investigações seguintes nesta área.

Este novo conceito incluía três pontos descritivos fundamentais:

- Criação de uma cena virtual através de um HMD, ampliada por estímulos táteis e sonoros, que parecia real aos olhos de qualquer observador;
- Utilização de um computador capaz de manter o modelo do mundo em tempo real;

- Criação de uma funcionalidade que permitisse aos utilizadores manipular de uma forma realista e intuitiva objetos virtuais.

Até esta altura todos os HMDs inventados funcionavam diretamente ligados a câmaras de vídeo, Sutherland foi mais além e em 1966 criou um HMD capaz de apresentar imagens estereoscópicas geradas através de um computador. Este sistema para além de complexo era bastante pesado e foi necessário utilizar um sistema de suspensão para segurar o HMD. As imagens estereoscópicas transmitiam a ilusão de profundidade pretendida e os movimentos da cabeça eram mapeados para o computador, sendo devolvida para o HMD uma imagem para cada olho, da cena virtual representativa do campo de visão do utilizador.

Nos anos seguintes, algumas entidades importantes como a *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) e o *Department of Defense and the National Science Foundation* e a *Central Intelligence Agency* (CIA) financiaram alguns projetos na área da VR. Na grande maioria dos projetos as pesquisas incidiam principalmente em simulação de veículos, principalmente veículos aéreos. Alguns pilotos de empresas aéreas e do exército chegaram a fazer treinos em dispositivos virtuais como forma de treino das suas capacidades para o cenário real.

Até à década de 80, a VR desenvolveu-se em torno deste tipo de simuladores. Em 1984, o cientista Michael McGreevy utilizou a VR como uma forma de desenvolver projetos como o *Human Computer Interface* (HCI) elevando a sua utilização a um outro patamar. Desta forma, era possível ao utilizador interagir diretamente com o sistema de VR.

A realidade virtual tem vindo a ser alvo de estudo há já algumas décadas, mas o termo como o conhecemos atualmente, foi inventado apenas em 1987 por Jaron Lanier. Na década de 90 os *media* começaram também a utilizar esta expressão, difundindo quer o conceito, quer as funcionalidades desta nova tecnologia pelas massas.

1.8 Futuro da Realidade Aumentada

A Realidade Aumentada ainda tem bastante para evoluir e como qualquer tecnologia apresenta aspetos que podem ser melhorados para que a sua utilização seja cada vez mais eficiente e otimizada.

Num futuro não muito distante a RA vai estar presente em muitos momentos do nosso quotidiano e será cada vez mais utilizada em diversas áreas como a educação, com o intuito de impulsionar a aprendizagem, na medicina em operações cada vez mais complexas e meticulosas, na área de marketing para apresentação e visualização de novos projetos e até nas empresas e nas suas linhas de montagem para facilitar a construção de novos equipamentos.

Não é difícil perceber que o futuro da Realidade Aumentada é bastante promissor e apresenta como uma grande vantagem o facto de simplesmente poder ser adicionada ao mundo real

assim como nós o vemos hoje. Se a sua capacidade de imersão for bem utilizada, a informação virtual estará perfeitamente incluída no mundo real e nós, o Ser-humano em geral, terá bastante facilidade em aceitar esta tecnologia uma vez que não se manifesta de uma forma demasiado intrusiva ao contrário do que acontecia por exemplo com a realidade virtual.

A existência de imensas ferramentas que possibilitam o estudo e o desenvolvimento desta tecnologia são uma mais-valia e um factor forte para que existam cada vez mais investigações nesta área o que faz com que a evolução seja possível.

1.9 Organização da tese

Esta tese está dividida em seis capítulos. No primeiro capítulo é feita uma introdução à Realidade Aumentada com uma contextualização sobre o problema, são abordados os objetivos propostos e a motivação que levou à realização da tese.

O segundo capítulo é constituído por várias análises teóricas sobre os conceitos e objetos de estudo, fazendo parte destas análises matérias como a educação, o ensino à distância, a experiência do utilizador e algumas tecnologias que se destacam pela utilização da Realidade Aumentada.

O terceiro capítulo apresenta um contexto teórico relacionado diretamente com a Realidade Aumentada em si, alguns sistemas e áreas de aplicação em que esta tecnologia é frequentemente utilizada, limitações e problemas conhecidos, é abordado também o tema da Realidade Aumentada vocacionada para os dispositivos móveis e são analisadas ferramentas de desenvolvimento de aplicações nesta área.

O quarto capítulo é composto pela implementação do projeto, a sua descrição, a plataforma de desenvolvimento utilizada, a arquitetura da aplicação, integração dos conteúdos educativos com os modelos virtuais utilizados e a interação com o utilizador. Descreve todo o processo de desenvolvimento do protótipo do *RealHiBook* que funciona como base de recolha de resultados para as conclusões finais do projeto.

No quinto capítulo é apresentado um conjunto de testes elaborados para avaliar a qualidade da aplicação desenvolvida, assim como uma recolha e análise de resultados sob o formato de questionário feito a um grupo heterogéneo de dez pessoas.

No sexto capítulo e último desta tese, é feita uma análise de todo o trabalho desenvolvido apresentando as conclusões finais, limitações encontradas e considerações para trabalhos futuros.

2 Conceitos e Objetos de Estudo

Neste capítulo será apresentado o enquadramento teórico do trabalho, abordando os principais conceitos e objetos sob alvo de estudo no sentido de aprofundar o contexto em que está inserido o projeto. Termos e conceitos como educação, ensino à distância, interação pessoa-máquina e alguns produtos existentes no mercado com relevância para o enriquecimento dos conhecimentos do autor nesta área serão explanados.

2.1 Educação

Um dos principais fatores tidos em conta durante o desenvolvimento desta dissertação prende-se com a compreensão do conceito de educação, as formas como o conhecimento pode ser transmitido e apreendido e de que forma se pode relacionar o fator aprendizagem com a RA.

A educação pode ser descrita como uma eterna construção do conhecimento e é composta por três processos principais: processo de descoberta, de exploração e de observação. A utilização da RA na aprendizagem pode conduzir a uma evolução significativa da educação.

Através da junção entre o real e o virtual é possível transportar o utilizador para ambientes que de outra forma seriam difíceis de explorar. Esta é uma das grandes potencialidades da RA, uma vez que para além das comuns aulas presenciais e objetos físicos, permite através da manipulação virtual, enriquecer o contexto do objeto a ser estudado e explorado.

A educação é uma área bastante receptiva e facilmente adaptável à RA, uma vez que permite a aprendizagem de forma imersiva e interativa sobre um determinado tema. Esta interação promove a receção de um *feedback* e quanto mais interação existir, mais *feedback* será recebido e conseqüentemente mais conhecimento será adquirido. A interação que este tipo de sistemas permite é a chave para o aperfeiçoamento do processo de aprendizagem.

A RA pode ser moldada a variados contextos de aprendizagem, sendo esta uma grande vantagem. O processo de receção e compreensão difere de indivíduo para indivíduo. Algumas

peças são mais visuais, outras mais verbais, algumas preferem explorar determinado tema enquanto outras preferem deduzir e tirar conclusões com aquilo que já reteram. O mais impressionante nesta tecnologia é o facto de poder ser facilmente ajustada a vários estilos diferentes de aprendizagem no sentido de oferecer ao utilizador a forma de ensino a que este está mais adaptado. É possível a criação de ambientes de ensino em que a aprendizagem se realiza por fases ou níveis, sendo que desta forma, à medida que o utilizador vai evoluindo e aprendendo, ocorre a familiarização dos conteúdos e métodos, assim como dos dispositivos e do próprio sistema. Quando o utilizador atinge o último nível, as capacidades exigidas foram alcançadas e a informação transmitida foi compreendida e assimilada.

Muitas pessoas aprendem mais facilmente tendo exemplos de casos práticos e reais, do que apenas através de simples exemplos teóricos. A RA permite que o utilizador esteja totalmente imerso num ambiente virtual em que pode de forma natural e intuitiva agir com o mundo real e receber o *feedback* ao qual está familiarizado.

O mundo que é possível criar com este tipo de tecnologia é um ótimo espaço para a obtenção de múltiplas vivências, cujos ambientes multidisciplinares permitem ao utilizar uma receção de informação mais ampla e mais completa pelo facto de o mundo que estão a experienciar ser rico em possibilidades.

A RA aliada à educação não deve ser vista como "a solução" para os problemas existentes, mas sim como uma ferramenta para colmatar défices que possam existir nos processos de aprendizagem atuais.

São vários os fatores positivos da utilização da RA no ensino [Braga, 2001]:

- Permite uma análise controlada e interativa por parte dos estudantes;
- Promove uma maior motivação para aprender;
- Permite que pessoas com deficiências realizem tarefas que de outra forma não seriam capazes;
- Permite experimentar e explorar;
- Permite ao utilizador aprender ao seu próprio ritmo;
- Promove a participação ativa através da interação com os objetos da cena;
- A aprendizagem não está condicionada ao limite temporal imposto pelas aulas comuns.

Todos estes factores, sublinham algumas das potencialidades desta tecnologia e a sua introdução na educação revela a existência de um novo paradigma que promove a educação dinâmica e criativa, formando o aluno enquanto indivíduo crítico e perfeitamente capaz de construir o seu próprio conhecimento de forma independente e autodidata.

2.1.1 Ensino à distância

O ensino à distância (EaD) define-se como sendo uma forma de comunicação de múltiplas vias ou métodos e tem crescido significativamente com a evolução das novas tecnologias e pode ser encarada como uma alternativa capaz de superar os limites espaço-temporais. A sua base de fundamentação está assente nos denominados "Quatro Pilares da Educação do Século XXI" publicados pela UNESCO: aprender a conhecer, aprender a fazer, aprender a viver juntos e aprender a ser.

"Os quatro pilares da Educação do Século XXI" foram apresentados no Relatório para a UNESCO da Comissão Internacional sobre Educação para o Século XXI coordenado por Jacques Delors. Este relatório foi publicado em 1999 sob a forma de livro intitulado "Educação: Um Tesouro a Descobrir", onde a discussão dos quatro pilares e, conseqüentemente, a base e fundamentação da educação é feita de forma bastante completa, pois o principal objetivo dos autores era o de perceber a melhor forma de direcionar a aprendizagem para a aquisição de instrumentos de compreensão e de raciocínio.

É importante para a obtenção dos objetivos propostos para este trabalho de investigação que se perceba concretamente a base sobre a qual assenta o conceito de educação, os seus fundamentos e idealismos, já que só percebendo a sua base é que se pode melhorar e enriquecer com novas formas de aprendizagem. Neste sentido será apresentada uma breve descrição de cada um dos quatro pilares da educação, segundo [Delors, 1999]:

- **Aprender a conhecer** - Esta aprendizagem faz referência à aquisição de "instrumentos do conhecimento". Está diretamente relacionada com o raciocínio lógico, compreensão, dedução e memória, mais concretamente sobre os processos cognitivos por excelência. Desta forma pretende-se despertar em cada aluno a "sede" de conhecimento e a capacidade de aprender cada vez melhor, ajudando a desenvolver capacidades que lhes permitem criar as suas próprias opiniões e o próprio pensamento crítico;
- **Aprender a fazer** - Fortemente relacionada com o aprender a conhecer, que lhe dá a sustentação teórica, refere-se de forma mais incisiva sob a formação técnica e profissional do aluno. Consiste, de forma objetiva, em aplicar na prática os conhecimentos teóricos adquiridos. Este tipo de aprendizagem envolve um conjunto de técnicas específicas que permitem aprender a comunicar e "aprender a aprender", para que se consiga atingir uma cultura geral vasta e suficientemente capaz de trazer benefícios oferecidos pelas oportunidades que vão surgindo ao longo da vida;
- **Aprender a viver com os outros** - É considerado como o domínio de aprendizagem que maiores desafios traz para os professores, uma vez que incide sobre o campo das atitudes e dos valores, fatores que estão fortemente relacionados e são intrínsecos à personalidade do aluno. Os seus principais objetivos são o combate ao conflito, ao preconceito e às rivalidades. A educação é encarada como um veículo de tolerância e compreensão fomentando a paz. O relatório para a UNESCO apresenta algumas propostas para se atingir estes objetivos, como o princípio da "descoberta progressiva

do outro", permitindo que o desconhecido seja cada vez mais conhecido e aceite e entre outras, a participação em projetos de grupo que surge como catalisador para diluir possíveis atritos existentes e permite descobrir pontos comuns entre povos. Tudo se baseia no respeito, respeito do professor para com o aluno e respeito do aluno para com o professor;

- **Aprender a ser** - Esta aprendizagem está dependente das três anteriores, pois considera-se que a educação deve ser vista como uma forma de desenvolvimento total e completo do indivíduo. No aprender a ser, a finalidade é a educação dos valores e atitudes, não relacionados com a vida em sociedade em particular, mas sim com o desenvolvimento individual. Os indivíduos deverão ser intelectualmente independentes e ativos, deverão ser capazes de criar ligações interpessoais, de comunicarem e, acima de tudo, evoluírem de forma contínua contribuindo proativamente para a evolução da sociedade.

Depois de se perceber a aplicabilidade e metodologia do ensino, é possível fazer-se a ligação ao EaD. Para tal é necessário adicionar a componente comunicação, fator que diferencia os dois tipos de ensino em análise. A forma como a comunicação é feita e evoluiu, revolucionou a aprendizagem e a difusão dos objetos de estudo.

A comunicação professor-aluno era feita através de material impresso como livros, cadernos e testes. Esta comunicação não promovia a interação com outros alunos, apenas com o professor, era demorada e feita de forma assíncrona e é caracteriza por ser uma comunicação bidirecional. Simultaneamente, com a evolução natural dos serviços de correios tradicionais, surge a EaD, em que o ensino era feito por correspondência, através do envio de cartas e/ou outro tipo de objetos em formato de papel.

Mais tarde, considerada a segunda geração do EaD, a informação era difundida através de vários meios, com o aparecimento do rádio, da televisão e de gravações, era contudo uma comunicação unidirecional e não permitia a interação. O processo de aprendizagem continuou sem evoluir muito e era feito da forma tradicional, o conhecimento era transmitido pelo professor e assimilado pelo aluno onde os principais objetos utilizados eram o papel o lápis e a caneta e o meio envolvente era sempre composto por uma sala de aula, mesas e cadeiras com vários alunos [Gomes, 2003].

O aparecimento do computador veio dar lugar à terceira geração do EaD. A principal diferença está na representação de conteúdos, o fator multimédia permite a interligação de vários suportes digitais e interativos, capazes de experiências muito mais enriquecedoras, o correio tradicional foi substituído pelo correio eletrónico e por mensagens digitais e a informação passou a ser disponibilizada e a estar disponível em conteúdos *Web* e facilmente acessíveis.

A grande vantagem do EaD assenta na capacidade de interagir com o sistema: a interação permite o retorno de informação e permite a receção de um *feedback* imediato; a comunicação passou a ser bidirecional, síncrona e assíncrona, trazendo a possibilidade do

aluno, para além de poder comunicar com o professor, também comunicar com os outros alunos [Blanco, 1999].

Esta evolução abriu novas perspetivas no enriquecimento dos conteúdos pedagógicos, uma vez que deixaram de ser estáticos, ou seja, com a facilidade de acesso e comunicação existentes é possível a edição desses conteúdos e a sua disponibilização na rede para apreciação de todo um público-alvo que esteja conetado. Para além desta vantagem, é ainda criado um conceito novo de aprendizagem em grupo e colaborativo, uma vez que possibilita a criação de comunidades virtuais dedicadas e ligadas ao mesmo contexto de estudo [Dias, 2000].

A aprendizagem colaborativa através de comunidades virtuais trouxe para os dias de hoje a quarta geração do EaD. Através de sistemas denominados de *e-learning*, ou através de plataformas como o *Blackboard* ou *Moodle* o aluno consegue facilmente interagir com professores e outros alunos num Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA). O AVA caracteriza-se por ser um *software* baseado na internet para a gestão de recursos educativos num ambiente virtual. Toda a interação e conteúdo transmitido entre alunos e professores é efetuado dentro deste ambiente virtual.

"Aprender a conviver diz respeito ao desenvolvimento da capacidade de aceitar a diversidade, conviver com as diferenças, estabelecer relações cordiais com a diversidade cultural respeitando-a e contribuindo para a harmonia mundial." Fundamentos e Guia Metodológico Unifest

Tabela 1 – Comparação entre as várias gerações do ensino em relação aos intervenientes

Intervenientes	1ª Geração	2ª Geração	3ª Geração	4ª Geração
Professor	X	X	X	X
Aluno	X	X	X	X
Instituição física	-	X	X	X
Instituição virtual	-	-	-	X

Tabela 2 – Comparação entre as várias gerações do ensino em relação ao local de estudo

Local de Estudo	1ª Geração	2ª Geração	3ª Geração	4ª Geração
Mesa de estudo	X	X	X	X
Computador	-	-	X	X
Sala virtual	-	-	-	X

Tabela 3 – Comparação entre as várias gerações do ensino em relação aos suportes pedagógicos

Suportes pedagógicos	1ª Geração	2ª Geração	3ª Geração	4ª Geração
Escrito	X	X	X	X
Áudio	-	X	X	X
Vídeo	-	X	X	X
Informático	-	-	X	X
Multimédia	-	-	X	X

Tabela 4 – Comparação entre as várias gerações do ensino em relação à tecnologia utilizada

Tecnologia utilizada	1ª Geração	2ª Geração	3ª Geração	4ª Geração
Correios	X	X	X	X
Rádio	-	X	X	X
Televisão	-	X	X	X
FTP	-	-	X	X
Correio eletrónico	-	-	X	X
Internet	-	-	X	X

2.2 Experiência do utilizador e expectativas

O conceito de experiência de utilizador ou *User Experience* (UX) é muito vasto e é um alvo importante de análise para este projeto, uma vez que se pretende fornecer ao utilizador final uma aplicação que seja capaz de transmitir conhecimento e que o consiga fazer de uma forma satisfatória, em que o utilizador é capaz de manusear de forma fácil e intuitiva. Por esta razão existe uma necessidade de compreender de que forma deverá ser montada uma aplicação na área do EaD que reúna um conjunto de atributos capazes de proporcionar uma óptima experiência interativa.

Este paradigma de UX ainda é alvo de bastantes discussões académicas no que toca à sua natureza e enquadramento prático. Esta discussão prende-se essencialmente com as suas características multidimensionais, a experiência do utilizador pode estar relacionada com eventos temporais, intensidades, níveis de intenção diferentes, modalidades sensoriais diversas, fazendo com que os resultados finais das experiências sejam muito diversificados. Estas questões remetem-nos para um processo cujas consequências variam consoante a

forma de interagir, contudo, não basta distinguir o complexo do que é simples, assim como os métodos capazes de projetar no utilizador uma experiência de usabilidade agradável. [Roto et al., 2011] sugerem alguns pontos de vista sobre a UX que devem ser alvo de debate e discussão:

- Tipos e características diferentes de experiência que ocorrem em interação com a tecnologia;
- Análise de características dos produtos, aspetos relacionados com o contexto ou valores humanos intrínsecos e necessidades que criam ou contribuem para diferentes experiências;
- Abordagens e métodos para vislumbrar, representar e avaliar a UX.

Como se pode verificar pelos pontos mencionados acima, o conceito de UX entra em contraste com conceitos como, usabilidade, aceitação por parte do utilizador final e valor para o cliente.

[Roto et al., 2011] concluíram que a experiência do utilizador em ambientes tecnológicos e virtuais é diferente da experiência em geral, referindo-se explicitamente às experiências relacionadas com *encountering systems*. Define-se "*encountering*" por "utilizar, interagir com ou ser confrontado passivamente", por sua vez "*systems*" pressupõe produtos ou serviços com os quais um utilizador pode interagir através de uma *interface* visual.

Para além da definição de UX apresentada, existem variadas definições interessantes deste conceito, uma das mais recentes, referida na norma ISO (2010) que define a UX holisticamente como:

"A person's perceptions and responses that result from the use or anticipated use of a product, system or service."

É importante reter que o utilizador não sente e deteta apenas o sistema mas também tem a oportunidade de o manipular e controlar [Roto, 2006]. Roto defende ainda que todos os sistemas que não são passíveis de serem controlados pelo utilizador final não podem ser considerados como UX, fazendo uma analogia com um sistema informático interativo e uma montanha-russa, argumentando que esta última não oferecia uma experiência no sentido de UX mas sim uma experiência "simples ou natural".

Outro conceito de relevo e que está relacionado com a UX, foi abordado por [Hekkert, 2006] com enfoque nas experiências ligadas a produtos (*product experience*) e que defende como sendo "todo um conjunto de afetos provocados pela interação entre o utilizador e um produto". Como nem todos os produtos são objetos tecnológicos e interativos, a experiência do produto é considerada um pouco mais estreita e menos abrangente do que a UX.

Por outro lado, e apenas como termo de comparação, a experiência de marca (*brand experience*) envolve a interação do utilizador com a empresa para além da já existente

interação com o produto e serviços, o que faz com que este conceito seja mais abrangente do que a UX [Law et al., 2009].

O conceito de UX, ainda recente e em constante debate, já apresenta alguns fundamentos comuns e aceitos por vários autores [Hassenzahl et al., 2010; Law et al., 2009; Roto et al., 2011].

No sentido de entender melhor o conceito de UX, Law realizou em 2009 uma pesquisa envolvendo 275 pesquisadores e profissionais nesta área e concluíram que a UX é geralmente considerada como:

- **Subjetiva** - as experiências e as características variam de pessoa para pessoa apesar da atividade no sistema e o contexto de utilização serem os mesmos;
- **Dependente do contexto** - a mesma interação pode oferecer diferentes experiências em situações físicas e socioculturais diferentes;
- **Dinâmica** - no âmbito global a experiência vai-se acumulando e muda ao longo do tempo.

Como forma de fornecer categorias e conceitos sobre a UX, existem algumas *frameworks* que ajudam a caracterizar, identificar e classificar diferentes reações experienciadas pelo utilizador, dividindo em diferentes tipos de experiências.

As diferentes *frameworks* estão divididas nos seguintes grupos: "*user-centered*", "*interaction-centered*", e "*product-centered*" [Forlizzi and Battarbee, 2004].

User-centered - este tipo de modelos ou *frameworks* são o mais utilizados e são responsáveis por categorizar a experiência sob o ponto de vista de reações e consequências internas do utilizador. A título de exemplo, [Desmet and Hekkert, 2007] propuseram um modelo que se baseava em quatro tipos de manifestações por parte do utilizador, *subjective feelings* (ex: consciência da mudança), *behavioural reactions* (ex: tendências comportamentais, abordagem e prevenção), *expressive reactions* (ex: expressões faciais, vocais e postura) e *physiological reactions* (ex: produção de suor, palpitações e outras ações do sistema nervoso autónomo).

Interaction-centered - modelos centrados no tipo de interação e grau de envolvimento por parte do utilizador com o produto. Pretendem aferir de que forma as experiências são afetadas pelos diferentes tipos e graus de interação. Por exemplo, [Desmet and Hekkert, 2007] identificaram três tipos diferentes nesta área com características que afetam a experiência final. São elas a *instrumental*, que significa utilizar os produtos com um objetivo final em mente; a *non-instrumental*, que se refere a interações que não têm diretamente um objetivo ou função associados, como jogar por exemplo; e a *non-physical* que se refere à memória, lembrar ou fantasiar com o produto antecipando ou recordando a sua utilização.

Product-centered - este tipo de *frameworks* têm o seu ênfase na evocação de experiências específicas caracterizando o produto e qualidades que o tornam possível. Um dos modelos mais conhecidos é o de [Hassenzahl, 2003] no qual se faz uma distinção sobre as qualidades

do produto: pragmático e hedonista, que levam à criação de experiências abstratas, como por exemplo, a sensação de prazer e satisfação. A qualidade pragmática refere-se à capacidade de suprir necessidades como as de encontrar informações sobre uma determinada pessoa ou o valor utilitário de um produto, usabilidade, etc.. A qualidade hedônica está relacionada com aspectos do produto em si que apelam para o desejo de prazer e satisfação no sentido de evitar o desconforto enfatizando o bem-estar psicológico.

2.2.1 Emoções no contexto da UX

Como é possível perceber pelas *frameworks* abordadas anteriormente, as reações emocionais são uma componente importante na análise das experiências vivenciadas durante a utilização da tecnologia. Desta forma é de extrema relevância compreender o que realmente é uma emoção.

A ciência que analisa as emoções, a Psicologia, interpreta-as como sendo processos mentais e comportamentais. Emoções envolvem três estados: excitação física, comportamentos expressivos e experiência consciente [Myers, 2004].

Emoções são universais, são independentes da cultura, da origem e do passado da pessoa. A emoção por si só é constituída por um conjunto complexo de interações entre fatores subjetivos e objetivos, mediadas pelo nosso sistema neuro-hormonal [Kleinginna e Kleinginna, 1981].

Emoções e estados de espírito são fatores intrínsecos à UX e têm um papel importante na forma como o utilizador percebe o mundo. É relativamente fácil uma experiência se tornar dominante nas situações em que o utilizador se sente frustrado ou é surpreendido pela tecnologia [Norman, 2004].

Devido à sua natureza dinâmica de curto prazo e subjetividade, as emoções trazem desafios metodológicos constituídos por dados complexos de analisar.

2.2.2 O processo da UX

A UX pode ser considerada como um processo constituído por várias fases e atores. Para que uma experiência seja possível de ocorrer é necessário existir um conjunto de características e fatores que a irão despoletar, entre elas o produto, o utilizador, as ações do utilizador e o meio ambiente em que está envolvido.

A figura abaixo apresenta as variadas características e conceitos que desempenham um determinado papel no processo de formação da UX. Esta representação consolida várias *frameworks* já abordadas anteriormente e resume um trabalho e análise consensual por parte de vários autores [Arhipainen and Tähti, 2003; Clarkson, 2008; Forlizzi and Ford, 2000; Hartmann et al., 2008; Hassenzahl, 2008; Hassenzahl and Tractinsky, 2006; Hekkert and Leder, 2008; Mäkelä and Fulton Suri, 2001; Roto, 2006].

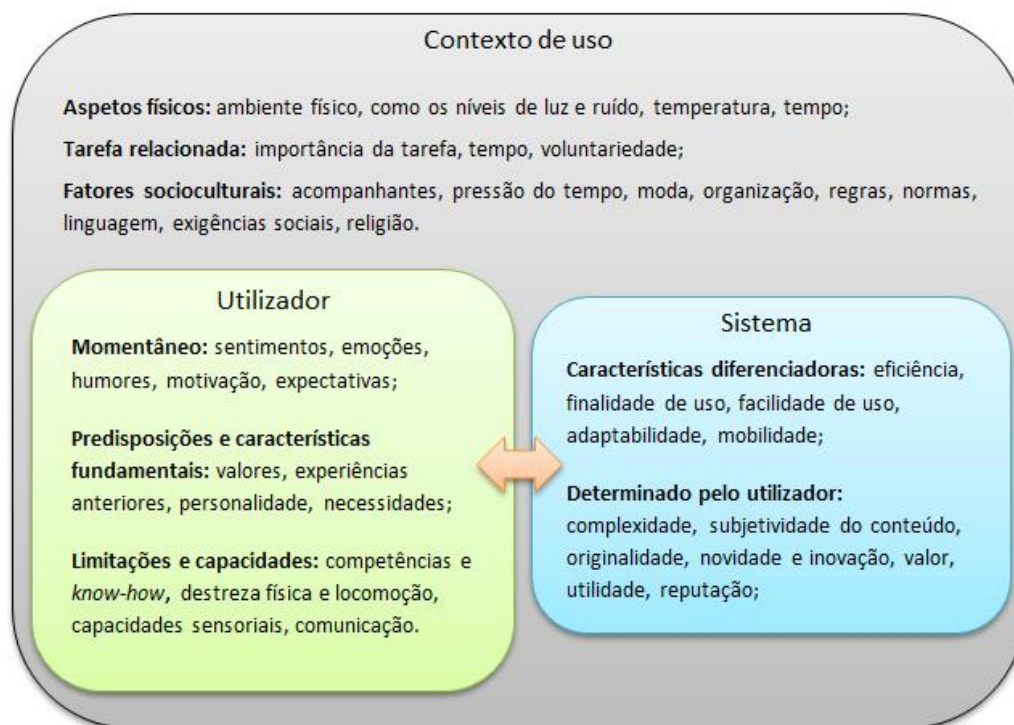


Figura 2 – Aspectos que afetam a UX: Características do contexto, utilizador e sistema adaptado de [Olson, 2012]

O Ser-humano apresenta de forma inata uma necessidade de obtenção de valores e de experienciação potenciada pela curiosidade ativa. Existem muitas teorias no campo da UX que sugerem que a interação pessoa-máquina "apenas acontece". No entanto, esta interação deve ser promovida e ao mesmo tempo estudada, para que, para além de natural, seja transformada numa experiência onde a pessoa tira o máximo proveito e consegue satisfazer as suas necessidades enquanto ser intelectual que é.

2.2.3 Perceção temporal da UX

Um dos aspetos mais importantes na compreensão da UX é o seu efeito ao longo do tempo no utilizador final.

A UX é algo com uma natureza dinâmica, ou seja, é composta por um fluxo constante de emoções, perceções e interpretações do utilizador na sua interação com a tecnologia. A experiência do utilizador focaliza as experiências e os seus resultados em memórias.

[Roto et al., 2011] sugere quatro intervalos temporais em que a perceção do utilizador sobre o sistema se altera:

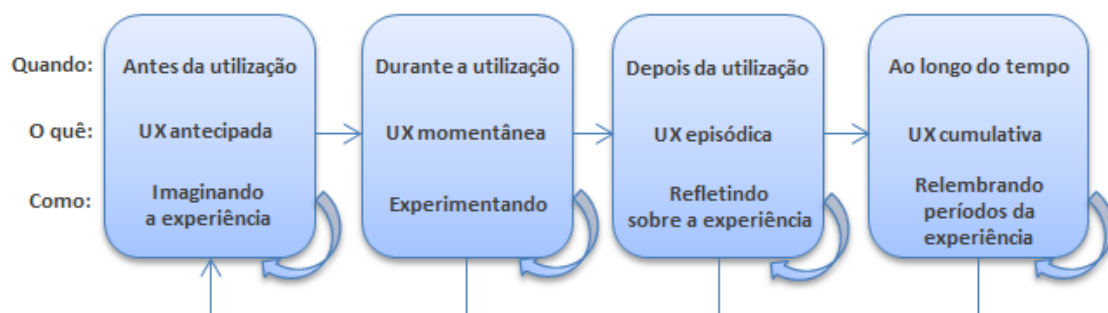


Figura 3 – Intervalos de tempo da UX e processo interno ao longo do tempo adaptado de [Roto et al., 2011]

Tal como evidenciado na figura acima, numa primeira fase, o utilizador consegue imaginar com antecedência antecipando a experiência; numa segunda fase, a experiência torna-se momentânea e descreve-se como uma sensação ou emoção de curto prazo durante a interação; na terceira fase, o utilizador começa já a analisar o produto quanto à sua usabilidade, utilidade e conveniência, baseando-se num episódio específico experienciado anteriormente; numa fase final, após uma contínua utilização do produto já com alguma experiência acumulada, o sistema é visto como um todo e as sensações de segurança, conhecimento e a relação com o produto são valorizadas.

2.2.4 Expectativas de utilização

Até agora foram abordadas algumas análises sobre a UX durante e após a sua utilização, mas é necessário realçar que a sua análise antes da sua utilização é também de extrema importância. Segundo a norma ISO 2010 existe um paralelismo entre "utilização", ou seja, o que é real, e a "utilização antecipada". [Karapanos et al., 2009] afirmam que em diversos momentos, ao antecipar as experiências sobre um produto, torna-se ainda mais importante emocionalmente do que propriamente a experiência real.

A análise das expectativas na UX vem complementar a análise que é feita em termos temporais à sua utilização, uma vez que a UX depende das experiências vivenciadas anteriormente, bem como das expectativas relativas ao produto em questão. A experiência real altera de forma natural as expectativas criadas anteriormente, uma vez que é muito difícil que o real seja exatamente igual ao idealizado. A experiência cria um processo cíclico de revisão das expectativas que vão sendo modificadas e adaptadas ao longo do tempo [Kankainen, 2003].



Figura 4 – Modelo temporal da UX: experiência e expectativas antes e depois da experiência adaptado de [Kankainen, 2003]

[Yogasara et al., 2011] utilizam o termo "*Anticipated User Experience*" (AUX), para definir a criação das experiências com base em experiências passadas num ambiente tecnológico, "as experiências e emoções que o utilizador espera que ocorram ao imaginar, utilizando um produto interativo". Os mesmos autores defendem ainda que ao compreendermos as experiências positivas esperadas pelos utilizadores, poderá ser mais fácil criar um produto que consiga contribuir para tais experiências, da mesma forma, se analisarmos as expectativas negativas, será mais fácil retirar do produto atributos negativos que irão prejudicar a interação e experiência final do utilizador.

2.3 Google Glass

"Glass is always there when you need it and out of the way when you don't."

Google Inc.

O âmbito principal desta tese está fortemente relacionado com o conceito de RA, como tal é importante para o autor investigar outros produtos que foram desenvolvidos e que aplicam esta tecnologia. Este estudo vai permitir conhecer melhor algumas funcionalidades, formas de aplicação e interações que são possíveis criar através da análise deste tipo de produtos. Por esta razão, pretende-se analisar os mais recentes avanços e desenvolvimentos nesta área, estudar novos projetos existentes no mercado e retirar novas ideias e experiências. Um dos produtos selecionados é o *Google Glass*, por ser um avanço significativo da tecnologia e completamente inovador.

De seguida, será explorado o conceito sobre o qual assenta o *Google Glass*, a sua utilidade e finalidade.

De uma forma direta, o *Google Glass* é um projeto inteiramente desenvolvido pela *Google*, cujo principal objetivo é transportar dados de computador, de *smartphones* e *tablets* e colocá-los num visor, ou *display*, mesmo em frente dos nossos olhos.

Este conceito parece retirado diretamente da ficção científica mas a verdade é que existe mesmo e os laboratórios da *Google* conseguiram desenvolver tal sistema e comercializá-lo.

O *Google Glass* é composto por uma câmara, *touchpad*, um *display*, uma bateria e microfone incorporados numa armação ocular, para que seja utilizado exatamente da mesma forma que uns óculos comuns, e apresenta como principais funcionalidades a capacidade de filmar e tirar fotografias em tempo real, fazer pesquisas e traduzir texto através do *Google*, utilizando um sistema inteligente de reconhecimento de voz como um assistente pessoal.

Os dados são apresentados diretamente nas lentes de vidro através de uma tecnologia especial e a *Google* teve o cuidado de apresentar essa informação de forma a não obstruir o campo de visão do utilizador, pelo que normalmente são colocados no canto superior direito.



Figura 5 – Apresentação da informação no *Google Glass*

Este tipo de representação de dados tem vantagens óbvias uma vez que não é necessário fazer praticamente qualquer tipo de movimento para acedermos a uma quantidade infinita de informação. Esta capacidade torna-se ainda mais completa e profunda uma vez que este dispositivo tem toda a sua fonte de informação interligada com o motor de busca da *Google*, amplamente utilizado em todo o mundo e muito rico em todo o tipo de dados e informações.

Interagir com o *Google Glass*

A interação com o dispositivo é efetuada por voz ou através de um *touchpad* instalado numa das hastes. O utilizador pode utilizar um conjunto de palavras que o dispositivo reconhece como comandos ou interagir com simples gestos. Estes comandos são "ordens" bastante

simples e precisas, como por exemplo, *ok, yes, take a picture, get directions to..., record a video.*

A câmara instalada não necessita de um visor, é utilizada para gravar vídeos, ou tirar fotografias da perspetiva e do campo de visão que o utilizador está a ver.

O *Google Glass* vem ainda equipado com um sistema de reprodução de som peculiar, consegue transmitir sons ao utilizador através de tecnologia de indução óssea. Esta tecnologia, tal como o próprio nome sugere, cria pequenas vibrações no crânio do utilizador para reproduzir um som.

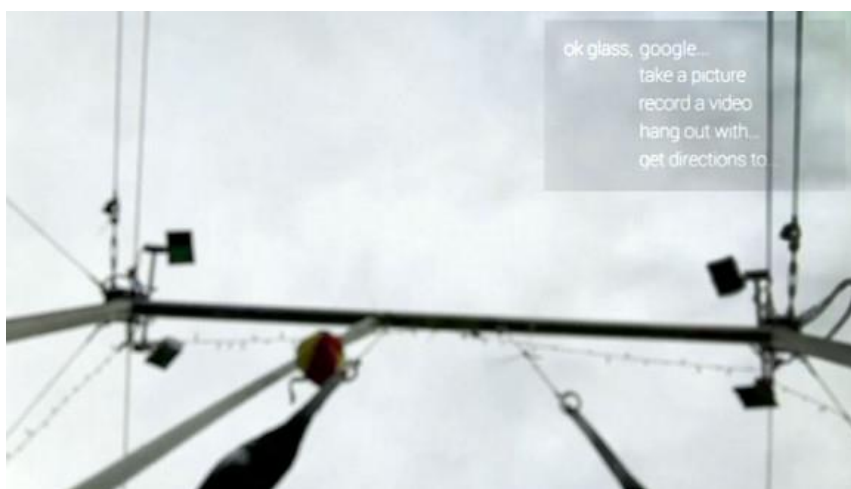


Figura 6 – Apresentação dos comandos para interagir com o *Google Glass*

Principais funcionalidades

Para além de filmar e tirar fotografias, existe outra funcionalidade interessante que este dispositivo apresenta, através da utilização da aplicação da *Google* para comunicar, conhecida por *Google Hangout*, onde é possível ao utilizador, fazer uma videoconferência com os seus contatos mostrando tudo aquilo que está no seu campo de visão.

Para além disto, é possível obter direções através da aplicação *Google Maps*, sendo que o *Google Glass* não vem equipado com sistema de GPS, a *Google* lançou uma aplicação denominada *MyGlass* que permite conetar o *Glass* a um *smartphone Android*. Esta ligação permite a troca de dados GPS, bem como a receção e visualização de mensagens diretamente no *display* do *Google Glass*, sendo ainda possível responder utilizando o microfone e reconhecimento de voz.

Outra funcionalidade igualmente interessante que também está disponível é o sistema de tradução. Num cenário prático, um turista italiano está a visitar Londres, procura um habitante local para lhe dar algumas informações, o turista pode utilizar o *Glass* para traduzir uma frase dita no seu idioma para o idioma pretendido, sendo-lhe mostrada a tradução para

inglês no *display* do *Glass*. Para além disso, quando o habitante local falar em inglês para fornecer as informações, o *Glass* irá traduzir estas palavras para italiano e apresentá-las no *display*. Esta funcionalidade permite traduzir um diálogo completo, contudo necessita de uma conexão WiFi.

Inúmeras funcionalidades estão ainda a ser testadas e desenvolvidas, como por exemplo, a apresentação de notícias diárias no *display*, a possibilidade do utilizador ditar por completo um *email* e enviar, sugestões de locais a visitar ou dos melhores voos para determinado destino, etc.

Desenvolver para o Google Glass

A *Google* criou um *site* próprio para programadores, onde explicam, do ponto de vista técnico, como desenvolver aplicações para o *Google Glass*, como funciona, de que forma comunica, quais os serviços que utiliza, padrões de desenvolvimento que aconselham a utilizar e boas práticas de implementação.

Todas as aplicações criadas para o *Glass*, tendo como origem programadores privados ou particulares, são denominadas, segundo a *Google*, de *Glassware*.

A *Google* pretende com este *site* não só enriquecer a gama de aplicações existentes para o seu dispositivo como também melhorar a experiência do utilizador. A companhia sugere que os utilizadores devem utilizar a mesma fonte de inspiração que eles utilizaram, para que dessa forma possam oferecer ao utilizador final a melhor experiência possível.

Disponibilizam uma API, denominada *Google Mirror API*, baseada num conjunto de serviços *Representational State Transfer* (REST). Estes serviços são responsáveis pela comunicação entre os vários dispositivos *Glass*, permitem a troca de informações e receção de mensagens e notificações.

Para criar uma *Glassware* dentro dos padrões que a *Google* recomenda, o programador precisa compreender de que forma a informação é apresentada ao utilizador e depois compreender de que forma o irá interagir durante o desenvolvimento.

No contexto do utilizador, a informação está agrupada por itens segundo uma *timeline*. A *timeline* apresenta vários itens ou "*cards*" que contêm a informação a mostrar ao utilizador. A navegação é feita seguindo uma lógica temporal, surgindo informações passadas e ações futuras que o utilizador poderá aceder. Cada "*timeline card*" contém informação obtida para o *Glass* através de várias aplicações *Glasswares*.

No contexto do programador, este pretende interagir e adicionar conteúdo à *timeline*. Para tal, necessita de invocar o serviço REST específico que irá desencadear a ação que o programador pretende. A *Google* é responsável por gerir os pedidos efetuados aos serviços REST e sincronizar os dados entre as aplicações *Glasswares* e os dispositivos *Glass* [Google, 2013a].

Ações comuns:

- Criação e gestão de "timeline cards" no dispositivo *Glass* de um utilizador;
- Gestão de notificações de um utilizador no dispositivo *Glass*;
- Obtenção da localização atual de um utilizador.

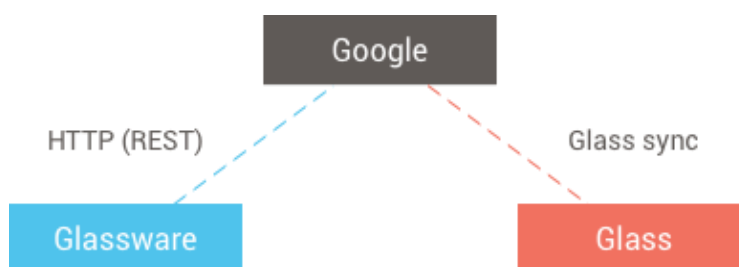


Figura 7 – Modelo de funcionamento dos serviços de comunicação do *Google Glass* [Google, 2013a]

2.4 *Wonderbook*

"One Book: a Thousand Stories"

SCEE London Studio, Wonderbook

O *Wonderbook* é um projecto recente desenvolvido pela *SCEE London Studio* para a *Sony Corporation* baseado em RA. Foi criado fundamentalmente para entretenimento, mas também apresenta uma grande componente educacional. A tecnologia de RA já existe há alguns anos, mas a sua adaptação a este projeto demorou cerca de quatro anos a ser feita até se conseguir obter os resultados pretendidos. O *Wonderbook* foi desenvolvido para a *Playstation 3* da *Sony* e utiliza como periféricos o *Playstation Eye* e *Playstation Move* para apresentar imagens e animações 3D nas suas páginas.

O resultado deste projeto é um livro interativo com RA essencialmente desenvolvido para crianças e que aliado à capacidade gráfica e de processamento da *Playstation 3D*, se torna um projeto interessante e inovador.



Figura 8 – Imagem de Realidade Aumentada do *Wonderbook*

A análise do *Wonderbook* torna-se relevante na medida em que o conceito é muito semelhante ao que é pretendido alcançar com este projeto, embora a componente deste trabalho esteja vocacionada apenas para propósitos educativos, ao contrário do *Wonderbook*, o projeto da *London Studio* tem uma base fortemente ligada à RA e o seu efeito de imersão e de interação com o utilizador aproximam-se muito daquilo que se pretende criar com esta investigação. Esta proximidade de contextos faz com que a análise do *Wonderbook*, quer a nível prático, quer teórico, sejam uma mais-valia para o autor e para o resultado que se pretende alcançar.

Funcionamento do *Wonderbook*

O *Wonderbook* é constituído por várias páginas, cada uma delas com um ou mais códigos visuais. A câmara (*Playstation Eye*) é capaz de interpretar estes padrões e apresentar no ecrã as animações ou objectos virtuais correspondentes. Uma ideia bastante interessante e que torna o *Wonderbook* realmente no que os seus criadores pretendiam, é o facto de ser um livro e ser utilizado como tal, ou seja, a câmara deteta as mudanças de página e automaticamente interpreta os novos códigos no seu campo de visão e apresenta as imagens e objetos da página seguinte ou da página anterior. Esta interação faz com que este dispositivo se transforme completamente num livro de histórias, no qual o utilizador tem a sensação de imersão, fazendo parte da história e controlando a ação.

Esta característica é bastante importante principalmente para fins educativos, já que o utilizador tem a total liberdade para navegar pela história, a história é contada por fases (páginas), o utilizador pode voltar atrás quando lhe apetecer, interagir novamente com experiências que já teve, sentir-se à vontade para explorar o sistema e pode avançar quando se sentir preparado. Esta característica é abordada no capítulo 2.1, quando se refere que é vantajosa a criação de ambientes de ensino cuja aprendizagem se realize por fases ou níveis, sendo que desta forma o utilizador tem uma margem de evolução e adaptação enquanto se vai familiarizando com o sistema. A relação de confiança e segurança com a aplicação vai aumentando, levando a uma melhoria na experiência final.

Outra funcionalidade que os programadores quiseram disponibilizar foi a capacidade de controlar o jogo com o próprio corpo, outro conceito igualmente recente nas novas tecnologias. Basicamente o utilizador não necessita de nenhum periférico de interação para controlar ou despoletar ações na cena. O controlo também pode ser feito através do comando *Playstation Move* ou em algumas fases do “livro” é possível interagir “falando com o dispositivo”, por exemplo, alguns níveis só podem ser ultrapassados através de respostas verbais.

[Masami Kochi, 2012], o diretor creativo e mentor da ideia, numa entrevista a um *site* inglês, fala sobre as primeiras imagens que imaginou e das possíveis interações que seriam possíveis de fazer com o *Wonderbook* e representou-as em rascunho exatamente da forma como seriam experienciadas, através de um livro e cujo desenrolar da história se fazia com o virar das páginas. Masami imaginou a abertura de um livro com o aparecimento de uma lâmpada mágica, o utilizador esfregaria a lâmpada e um génio sairia fazendo uma pequena apresentação. A ideia seguinte era interagir de diversas formas com o génio fazendo pequenos jogos.

De seguida, é apresentada a imagem original de Masami com o esboço da sua primeira ideia sobre o *Wonderbook*:

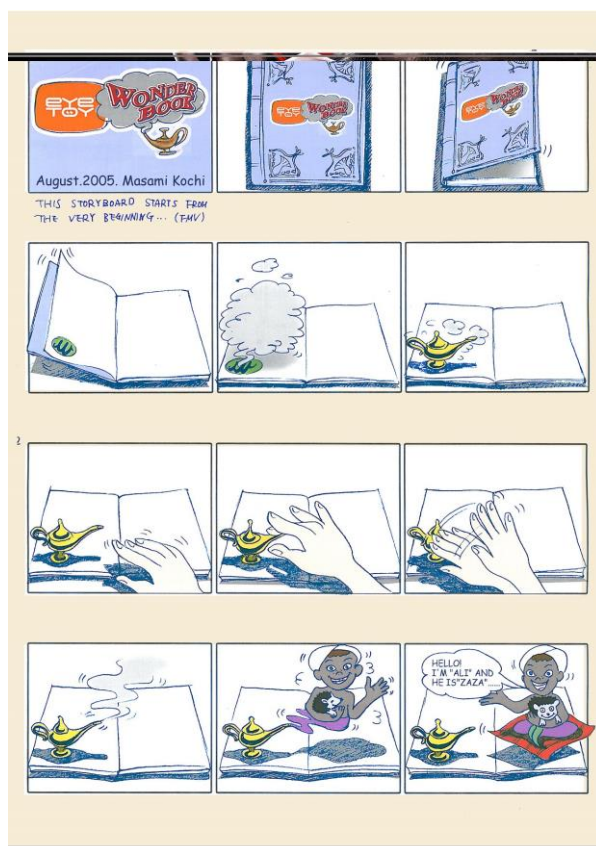


Figura 9 – Esboço da primeira ideia de Masami sobre o *Wonderbook* [Huffington P., 2012]

Detalhes Técnicos

Tecnicamente, o projeto *Wonderbook* utiliza um método de processamento de entrada de dados típico de RA que passa por uma captura de imagem de vídeo, de seguida o sistema gera uma camada de imagem de RA sobreposta à camada de imagem de vídeo pura. O sistema faz um mapeamento de píxeis de uma camada para a outra, cada pixel na camada de RA corresponde a um pixel na camada de imagem de vídeo. Esta informação é armazenada numa matriz bidimensional de píxeis, o que vai permitir que o sistema consiga apresentar as imagens virtuais sobrepostas com a imagem real e consiga reconhecer internamente para questões de processamento, a que camada corresponde cada objeto [Raghoebardajal and Lintott, 2012].

Alguns exemplos de imagens em que é possível ver a forma como esta tecnologia funciona serão apresentados de seguida:

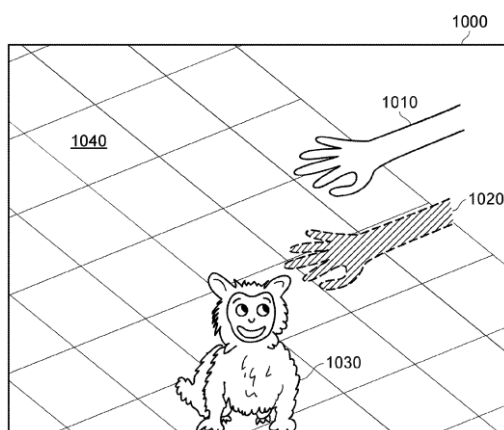


Figura 10 – Esboço de interação do utilizador com um modelo animado no *Wonderbook* [Raghoebardajal and Lintott, 2012]

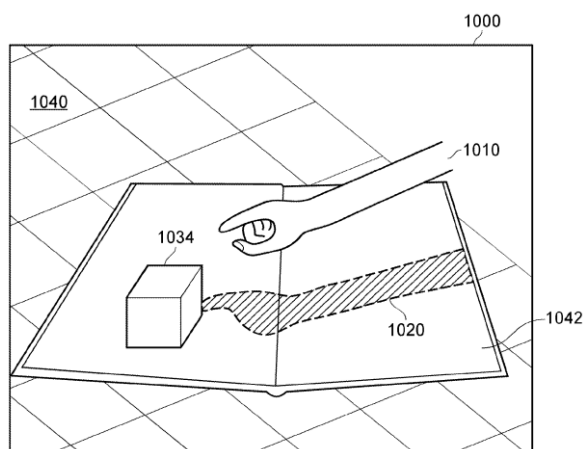


Figura 11 – Esboço de interação do utilizador com um modelo estático no *Wonderbook* [Raghoebardajal and Lintott, 2012]

As imagens acima ilustram um cenário prático em que é possível perceber a forma como os objetos são interpretados e como é feita a interação: o **1000** representa a imagem de vídeo capturada juntamente com os objetos 3D de RA adicionados; no **1010** está representada a interação do utilizador com o objeto virtual movendo a mão numa tentativa de lhe tocar; no **1020** é pretendido demonstrar a sombra da mão, numa perspetiva em que a sombra é visível no chão dentro de uma sequência de imagens antes desta ter entrado na cena; **1040** representa o chão; o **1042** é um livro cujas páginas apresentam cores vivas bem distintas do tom da pele, como verde e azul; e por último o **1030** e **1034** correspondem aos objetos ou entidades virtuais adicionados à cena.

Estas sequências ou ações visíveis nas imagens e a leitura de píxeis em camadas feita pelo dispositivo são representadas através do seguinte diagrama de fluxo:

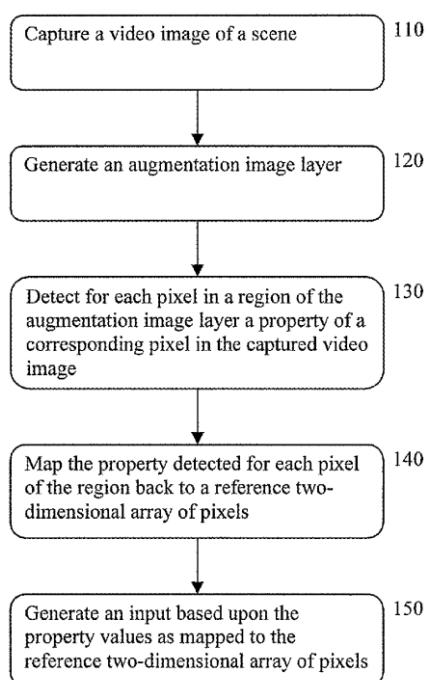


Figura 12 – Diagrama de fluxo das ações e leitura de píxeis no *Wonderbook* [Raghoebardajal and Lintott, 2012]

Como mencionado anteriormente, para que seja possível o utilizador interagir com os objetos virtuais da cena com as próprias mãos, sem ser necessário utilizar um periférico de controlo como um comando, o dispositivo tem que ser capaz de distinguir o tom da pele para saber que aquela região de píxeis corresponde a uma zona humana de interação com a entidade virtual.

O dispositivo começa por capturar a imagem de vídeo, depois analisa a relação entre tons de vermelho, azuis e verdes na cena e classifica cada pixel como sendo tom de pele ou não. Gera

uma máscara de tons de pele baseada na classificação feita anteriormente, desta forma consegue identificar a região onde está localizada, por exemplo, a mão do utilizador.

Esta análise está apresentada no diagrama de fluxo abaixo:

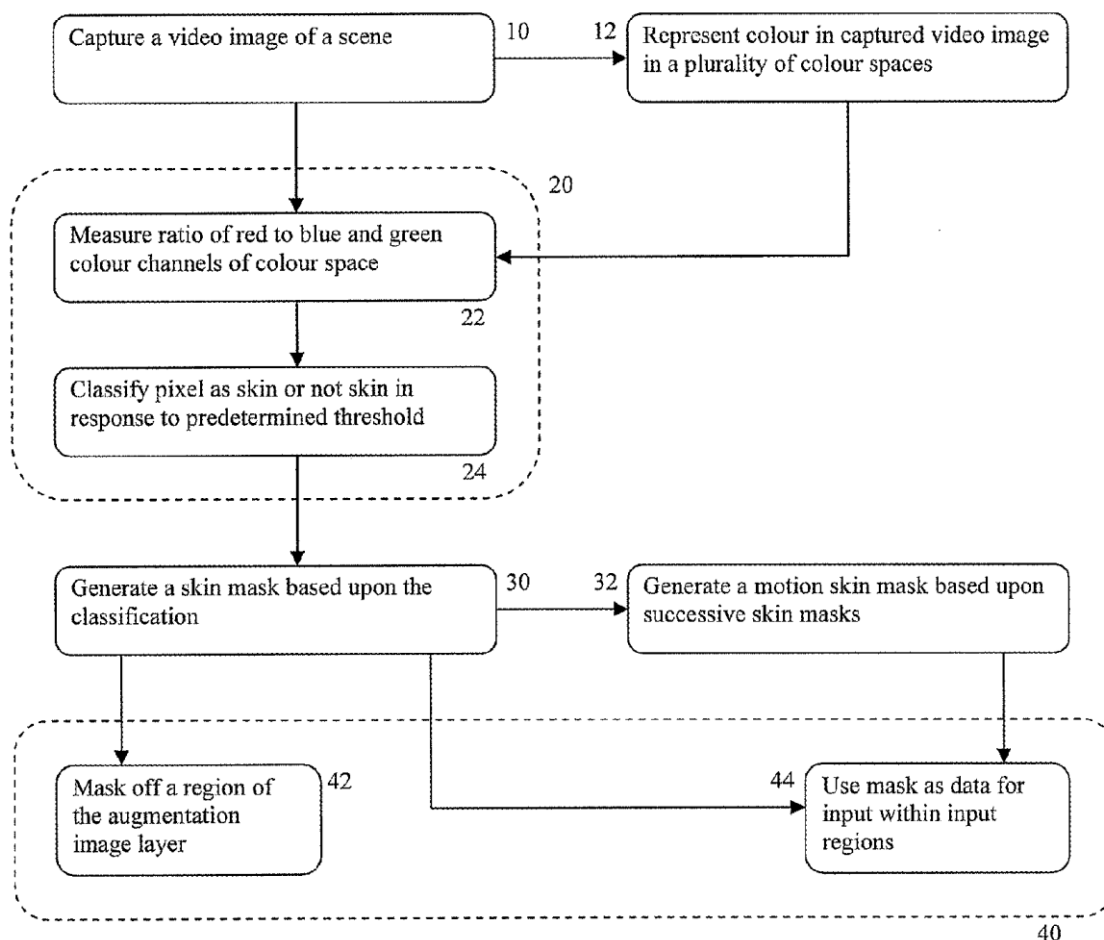


Figura 13 – Diagrama de fluxo de deteção de interações no *Wonderbook* [Raghoebardajal and Lintott, 2012]

2.5 Mitologia da Grécia Antiga

O desenvolvimento deste projeto passa pela criação de um livro interativo que seja capaz de apresentar recursos educativos durante as interações do utilizador com a aplicação. A categoria de ensino escolhida foi a história, e dentro da história decidiu-se abordar o tema da mitologia da Grécia Antiga. Muitos outros temas podiam ter sido escolhidos, para o âmbito foi escolhido este, pelo facto de ser considerado um tema interessante, abordado em algumas disciplinas de história, ser bastante direto, rico em imagens e recursos educativos e simples de ser aplicado a uma aplicação para este efeito.

Para se introduzir e utilizar o tema mitologia da Grécia Antiga na aplicação *RealHiBook*, foi necessário fazer um estudo à sua história, aprender alguns conceitos e perceber de que forma e quais os recursos que se aplicam e podem ser utilizados para o desenvolvimento deste projeto. De seguida é feita uma introdução à Grécia Antiga e feito um levantamento dos principais deuses que serão abordados neste trabalho.

O termo “Grécia Antiga” é comumente utilizado para descrever a civilização grega, que englobava quer o que hoje conhecemos como a Grécia, quer diversas áreas próximas, como Chipre, Anatólia, sul de Itália, sul de França e costa do mar Egeu, além de colónias gregas no litoral de outros países, como por exemplo o Egito.

Tradicionalmente, a Grécia Antiga abrange desde 1 100 a.C. até à dominação romana em 146 a.C.

Os gregos tiveram origem de povos que migraram para a península Balcânica, como os aqueus, jónicos, eólios e dóricos, sendo estas populações conhecidas como “helénicas”, já que existia a crença de que descendiam do herói Heleno, filho de Deucalião e Pirra.

A mitologia grega é vastíssima, englobando conjuntos de narrativas relacionadas aos mitos dos gregos antigos, dos seus significados e da relação entre eles e os povos. Um dos aspetos mais frequentemente estudados na mitologia grega prende-se com os Doze Deuses Olímpicos, também conhecido como o “*Dodekatheon*”.

Segundo o mito, no topo do Monte Olimpo, uma montanha que ultrapassava o céu, existia um palácio no qual moravam os Deuses.

A literatura não é consensual quanto aos deuses que constituíam o Dodekatheon, contudo consegue identificar-se 14 Deuses e Deusas mais frequentemente referidos como membros do Doze Olímpicos [Ancient G., 2013].

Tabela 5 – Tabela resumo com os principais deuses da mitologia grega

Deus	Descrição	Símbolos
Zeus	É o filho mais novo dos Titãs Cronos e Reia.	Raio e águia
Hera	Filha de Cronos e Reia, é irmã e esposa de Zeus.	Pavão e vaca
Poseidon	Filho de Cronos e Reia, irmão de Zeus e Hades.	Hipocampo e tridente

Deméter	Filha de Cronos e Reia, irmã de Zeus. É a Deusa da fertilidade, agricultura, natureza e das estações do ano.	Papoila
Hades	Filho do Titã Cronos e de Reia, Irmão de Zeus e Poseidon.	Elmo da Escuridão, o bidente e um crânio
Héstia	Filha de Cronos e Reia, e irmã de Zeus. É a Deusa virgem do lar e da lareira.	Lareira
Afrodite	Filha de Zeus e de Dione. É a Deusa do amor, da beleza e da sexualidade.	Pomba
Apolo	Filho de Zeus e de Leto, irmão gêmeo de Artemis.	Lira e arco
Ártemis	Filha de Zeus e de Leto, irmã gêmea de Apolo. É a Deusa virgem da caça e da lua.	Veado e arco
Ares	Filho de Zeus e Hera. É conhecido como o Deus da Guerra.	Javali e lança
Atena	Filho de Zeus e Métis. É a Deusa virgem da sabedoria, ofícios e estratégia militar.	Oliveira e mocho
Dionísio	Filho de Zeus e da mortal Sêmele. É o Deus do vinho, das festas e do êxtase.	Pantera e videira
Hermes	Filho de Zeus e da ninfa Maia. É o mensageiro dos deuses e Deus do comércio e dos ladrões.	Caduceu
Hefesto	Filho de Zeus e Hera ou, de acordo com algumas tradições, apenas de Hera.	Fogo

3 Realidade Aumentada

Neste capítulo será feita uma análise mais técnica e mais detalhada sobre a Realidade Aumentada. Serão abordados os vários tipos de RA, as suas áreas de aplicação, problemas, limitações conhecidas e ainda uma abordagem à RA em sistemas móveis, *Mobile Augmented Reality* (MAR).

A RA define-se como sendo uma área de investigação cujo objetivo principal é a sobreposição de dados gerados por computador sobre uma cena captada do mundo real.

Para ser possível fazer uma análise mais completa da RA, é necessário comparar com a VR e perceber como esta funciona. A VR tem a capacidade de imergir o utilizador num ambiente completamente virtual. Enquanto imerso, o utilizador não consegue ver o mundo real existente à sua volta. É muito utilizada em simuladores de voo e jogos de computador. De forma resumida, na VR o utilizador é levado do mundo real para um mundo completamente criado por computador.

Por sua vez, a RA mantém o utilizador no mundo real, e aumenta o ambiente envolvente com objetos virtuais, aumentando a sua experiência e a sua perceção. O conceito de aumento da realidade envolvente pode não ser apenas de objetos e imagens, pode ir mais além e trazer para o mundo real outros contextos virtuais através de sons, e sensações táteis com o auxílio de alguns dispositivos específicos.

[Azuma, 1993] definiu os sistemas baseados em RA como contendo três características principais:

- Combina imagens virtuais com o mundo real;
- Interage em tempo real;
- Registo tridimensional de dados digitais.

Existe ainda outra definição muito interessante que relaciona o real e o virtual e ilustra de que forma podemos interpretar a sua junção. Segundo Milgram, o mundo real e o mundo completamente virtual estão situados em lados opostos e existe uma zona intermédia onde é feita a junção entre os dois mundos, ao que ele chamou de *Mixed Reality* ou realidade misturada. Como se pode ver na figura 14, a RA encontra-se no limiar do mundo real do espectro, com uma perceção predominante do mundo real sobreposto por dados virtuais gerados por computador. Milgram criou o conceito de *Augmented Virtuality* (AV) para identificar sistemas compostos na sua maioria por objetos sintéticos, como imagens de RA, texturas e objetos virtuais. RA pode ser vista como o "meio-termo" entre a VE (ambiente completamente sintético) e RE (ambiente completamente real) [Milgram, 1994].

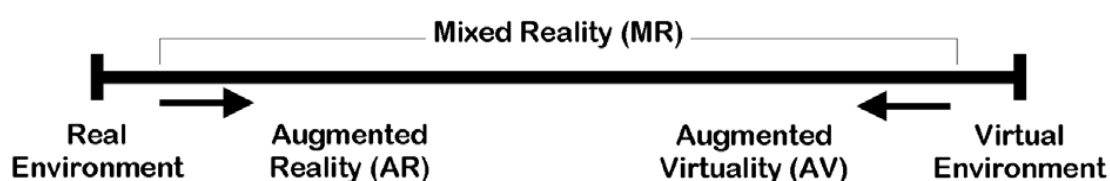


Figura 14 – Diagrama realidade misturada [Milgram, 1994]

Existem vantagens óbvias na utilização da RA no que diz respeito à utilização por parte do utilizador, pois para além de permitir a inclusão de objetos virtuais no mundo real, tem a capacidade de proporcionar ao utilizador uma experiência mais interessante e interativa com o ambiente que o rodeia, e para além disso permite que os objetos inseridos sejam manipulados com as próprias mãos. Estas características permitem criar um ambiente envolvente familiar e no qual o utilizador sente segurança, conforto e curiosidade para experimentar e interagir sem necessidade de formação e adaptação [Billinghurst, 2002; Zhou, 2004].

Para ser possível utilizar a RA, como já foi abordado no capítulo 2.4, é necessário uma câmara de vídeo para captar a imagem em tempo real, um *software* que consiga analisar a cena de *input* e consiga inserir gráficos sintéticos como forma de elementos virtuais na cena e em alguns casos outro tipo de periféricos para aumentar a capacidade de interação com o meio, como por exemplo microfones, colunas de som, etc.

3.1 Sistemas de Realidade Aumentada

Segundo [Rolland et al., 1994], a decisão básica que deve ser tomada aquando da implementação de um projeto de RA, é a forma como se vai combinar o real com o virtual. Existem duas opções possíveis, pode-se utilizar uma tecnologia baseada em visão ótica ou visão por vídeo [Rolland et al., 1994].

Para combinar imagens virtuais com imagens reais é possível utilizar um dispositivo HMD. Existem dois tipos de HMD, os HMD *closed-view* que não permitem uma visão direta do mundo real, apenas virtual, e os HMD *see-through* em que o utilizador consegue ver o mundo real sobreposto por objetos virtuais através de tecnologias de visão ótica ou de vídeo.

Sistema de visão ótica

Este tipo de sistema pode ser utilizado através dos HMDs *see-through* que funcionam colocando *optical combiners* (óculos ou capacetes específicos), à frente dos olhos do utilizador. As lentes destes dispositivos são transparentes e transmissivas permitindo ao utilizador olhar através destas e ver o mundo real. Para além disso estas lentes combinam a imagem real com a apresentação de imagens virtuais, e para que isso seja possível são montadas no dispositivo de forma a ficarem um pouco inclinadas e através da sua característica reflexiva é possível projetar diretamente nas lentes, imagens virtuais para que o utilizador, por reflexão, as consiga ver. Os *Head-Up Displays* (HUD) são muito utilizados na força aérea e também utilizam este tipo de tecnologia [Wanstall, 1989].

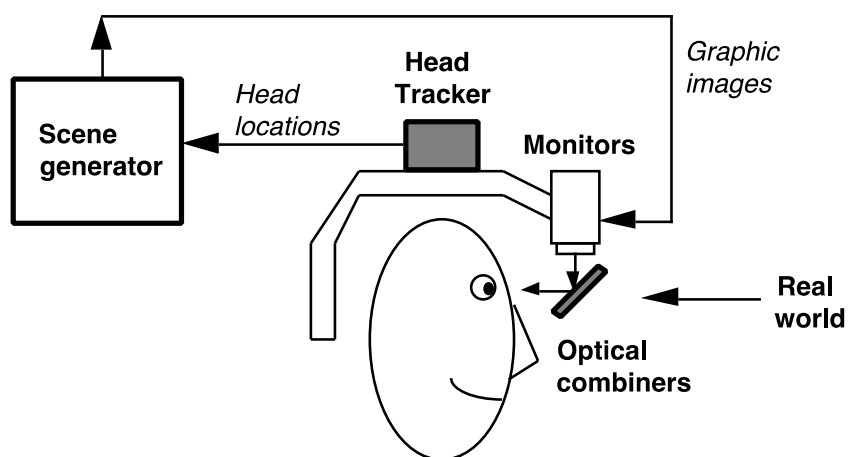


Figura 15 – Diagrama sistema de visão ótica [Azuma, 1997]

Este tipo de dispositivos reduz a quantidade de luz que é possível ver do mundo real para que a luz refletida para projetar os objetos virtuais seja perceptível pelo utilizador. Alguns sistemas mais avançados deste tipo, conseguem controlar a quantidade de luz que permitem ver detetando a disposição de luz do local.

Sistema de visão de vídeo

Por sua vez, o sistema de visão de vídeo combina a utilização de HMDs *see-through* com HMDs *closed-view* através de câmaras de vídeo montadas no dispositivo. As câmaras de vídeo

têm a função de transmitir as imagens do mundo real captadas, misturando-as com objetos virtuais gerados automaticamente por computador, combinando assim o real com o virtual. A imagem final combinada é enviada para os monitores que estão instalados mesmo em frente dos olhos do utilizador.

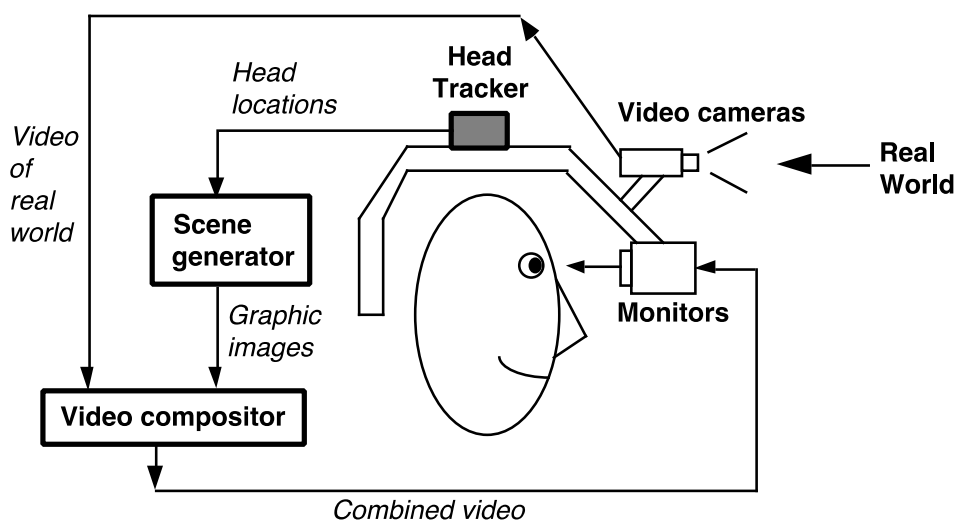


Figura 16 – Diagrama sistema visão de vídeo [Azuma, 1997]

Neste tipo de sistema, a composição de vídeo pode ser feita de diversas maneiras, a mais comum é a que se utiliza por exemplo em muitos filmes de ficção científica. Através da propriedade "*chroma-keying*", define-se o fundo das imagens gráficas para uma determinada cor como o verde ou azul, ou seja, para uma cor que não está presente em nenhum dos objetos virtuais gerados, de seguida, todas as áreas compostas pela cor "*chroma-keying*" são substituídas pela imagem real captada, enquanto que as outras áreas são compostas com os objetos virtuais, resultando numa combinação do real com o virtual.

Sistemas mais sofisticados de composição de vídeo utilizam técnicas de análise de profundidade de píxeis. Através de uma análise prévia, o sistema cria um registo completo da profundidade de cada pixel que constitui a imagem real; depois, tendo já a informação dos píxeis dos seus próprios objetos virtuais, sabe exatamente em que área ou zona deverá colocar esses objetos combinando os dois tipos de imagens. Esta abordagem é utilizada pelo projeto *Wonderbook* analisado no capítulo 2.4.

Sistema de visão de vídeo baseado em monitor

Pode ser considerado ainda um terceiro sistema, que não utiliza um HMD para apresentar as imagens mas sim um monitor. Este tipo de sistemas são compostos por uma ou mais câmaras móveis ou estáticas. A composição das imagens é igual à utilizada no sistema de visão de vídeo e é apresentada diretamente num monitor que deverá estar disposto na frente do

utilizador. A única diferença para o sistema de visão de vídeo é que o utilizador não tem o dispositivo montado na sua cabeça.

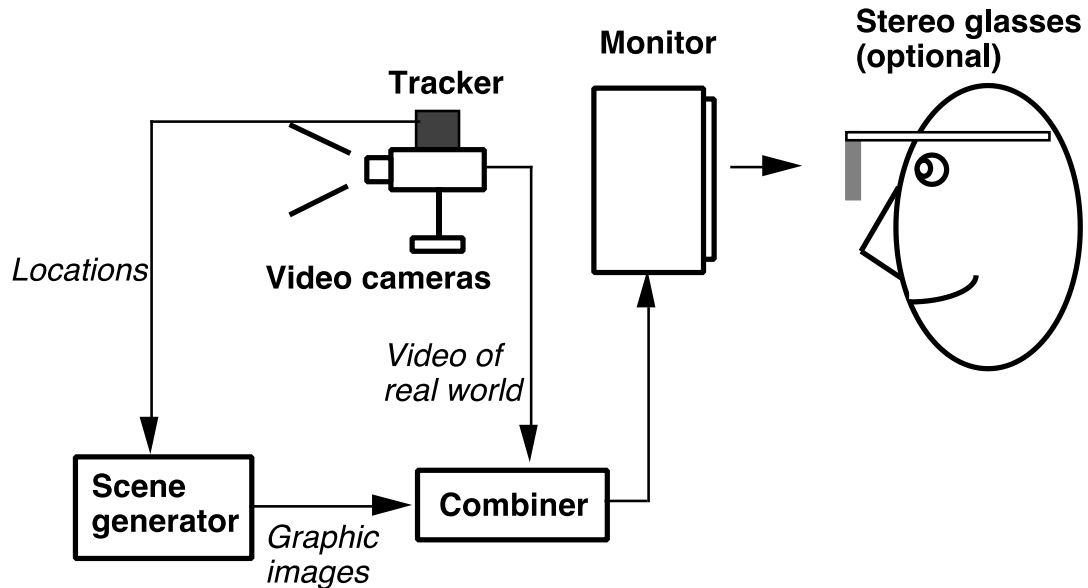


Figura 17 – Diagrama sistema de visão de vídeo baseado em monitor [Azuma, 1997]

Nos dois sistemas apresentados anteriormente, sistema de visão ótica e de vídeo, é necessária a utilização de um capacete HMD, e foi constatado que em alguns casos, pessoas se queixaram de dificuldade de adaptação ao dispositivo, perda de profundidade na visão, cansaço e tonturas, sendo visto como uma vantagem a utilização de um monitor em detrimento da utilização dos HMDs [Jones et al., 2008].

Comparação entre o sistema de visão ótica e de vídeo

Existem contudo algumas vantagens e desvantagens na adoção de cada uma das abordagens, de seguida são apresentadas algumas delas.

Vantagens do sistema de visão ótica:

- Simplicidade: os sistemas de visão ótica são menos dispendiosos e menos complexos do que os de composição de vídeo;
- Resolução: os sistemas de visão de vídeo limitam a resolução daquilo que o utilizador consegue ver, ao contrário dos sistemas de visão ótica;
- Segurança: nos sistemas de visão ótica o utilizador vê simplesmente através de umas lentes, enquanto que na abordagem por vídeo, se houver uma falha de eletricidade o utilizador fica completamente "cego" sendo esta uma das maiores preocupações em algumas aplicações deste tipo;

- Sem compensação de visão: através da visão ótica o utilizador vê exatamente aquilo que os seus olhos captam no momento, enquanto que na visão de vídeo é necessária uma compensação de imagem visto que os olhos apenas vão ver aquilo que as câmaras transmitirem.

Vantagens do sistema de visão de vídeo:

- Flexibilidade: Um problema básico nos sistemas de visão ótica é a percepção dos objetos virtuais, uma vez que a luz recebida diretamente e a luz refletida para projetar os objetos virtuais se mistura, dificultando algumas vezes a apresentação dos objetos de forma nítida ao contrário da abordagem por visão de vídeo que consegue fazer essa separação de forma muito mais eficaz;
- Atrasos na amostragem do real com o virtual: Os sistemas de vídeo permitem reduzir o desfasamento temporal entre a projeção de imagens reais e virtuais;
- Estratégias adicionais de registo: O sistema de vídeo oferece uma fonte de informação extra que a abordagem ótica não permite, a imagem digitalizada da cena real.

3.2 Áreas de aplicação da Realidade Aumentada

Até agora, vários têm sido os estudos desenvolvidos, com uma grande incidência sobre seis áreas específicas, entretenimento, navegação de aeronaves militares, anotação e visualização, planeamento de trajectórias ao nível da robótica, produção e reparação e por último aplicações médicas.

Estas são apenas as áreas que mais exploração têm tido no que toca à Realidade Aumentada, existem contudo muitos outros âmbitos em que é possível a sua utilização e que ainda requerem um profundo trabalho de estudo e investigação, como é o caso das aplicações ligadas à educação e ao *e-learning*. Esta dissertação visa precisamente a elaboração de um estudo/projeto que tem como objetivo aprofundar a aplicabilidade da RA neste contexto, no sentido de facilitar a aprendizagem e a elevar o conceito de RA aplicada ao ensino e transmissão de conhecimento.

3.2.1 Entretenimento

Em muitos filmes de cinema são utilizadas telas de uma cor específica, normalmente azul, onde o ator é inserido num cenário virtual, isto tudo em tempo real e em 3D.

Este tipo de interação é feita colocando o ator em frente desse *background* azul, enquanto computadores controlam os movimentos das câmaras e fazem o registo da localização do ator na cena, desta forma é possível compor digitalmente uma cena em que o ator é inserido num mundo 3D e virtual. Muitos filmes da actualidade utilizam este tipo de tecnologia.



Figura 18 – Exemplo de utilização da RA no cinema

3.2.2 Navegação de aeronaves militares

Nos últimos anos, a engenharia de aeronaves militares, tem utilizado a RA através de *Head-Up Displays* (HUD) que permitem sobrepôr imagens de gráficos vetoriais sobre a vista real do piloto. Este sistema fornece informações de navegação e de voo, assim como de possíveis alvos a abater.

As futuras gerações destas aeronaves terão mecanismos diretamente ligados ao capacete do piloto, sendo que será possível apontar e disparar armamento utilizando apenas os movimentos da cabeça.



Figura 19 – Exemplo de utilização da RA na navegação de aeronaves

3.2.3 Robótica - Planeamento de trajetórias

Comandar um robot à distância é um grande desafio especialmente em situações de falha de comunicações e cuja distância é bastante grande. Neste sentido, é possível através de RA controlar uma versão virtual do robot sem o visualizar realmente. As ações do robot são controladas remotamente manipulando a versão virtual em tempo real. Desta forma é possível testar e controlar num cenário local e seguro e só depois enviar para o robot real o plano de execução de tarefas previamente treinadas. O controlo virtual do robot informa também a melhor forma de executar as tarefas simulando o ambiente real e de possíveis problemas que possam ocorrer.



Figura 20 – Exemplo de utilização da RA na robótica e planeamento de trajetórias

3.2.4 Produção e reparação

Esta tecnologia também pode ser aplicada na construção e reparação de maquinaria complexa. A RA auxilia o utilizador na realização das suas tarefas, através da utilização de modelos 3D sobrepostos sobre o equipamento a montar ou reparar, demonstrando passo a passo as tarefas a serem feitas e como fazer, sendo mais fácil de perceber do que utilizando manuais. A utilização dos objectos 3D pode ser feita através de animações o que torna a demonstração mais real e compreensível.



Figura 21 – Exemplo de utilização da RA em produção e reparações

3.2.5 Aplicações médicas

Nesta área a RA é essencialmente utilizada para visualizar partes do corpo humano e permitir que os médicos possam treinar algumas cirurgias.

É possível recolher dados sobre a forma de modelos 3D de um paciente em tempo real utilizando sensores específicos. Estes dados podem ser posteriormente renderizados e combinados com imagens do paciente em tempo real, o que dá ao médico uma “visão Raio-X” do organismo. Esta tecnologia permite reduzir o número de traumas do pós-operatório, pois diminui as incisões invasivas e consequentemente promove a recuperação mais rápida do paciente. Desta forma é possível ter imagens do interior do organismo sem grandes cortes e incisões.

Para além das vantagens já apresentadas, a RA permite aumentar a precisão do médico durante as cirurgias mostrando as zonas e de que forma algumas tarefas devem ser realizadas durante a operação.



Figura 22 – Exemplo de utilização da RA na medicina

3.2.6 Anotação e visualização

Esta área de aplicação da RA é utilizada principalmente para fornecer informação fixa sobre objetos específicos. É possível criar anotações sobre um determinado objeto utilizando um dispositivo de Realidade Aumentada e apontando para esse objeto, informação relevante armazenada numa base de dados pode ser visualizada. Um exemplo prático da sua utilização aplica-se por exemplo em superfícies comerciais, como lojas, supermercados, livrarias, em que utilizando um *hand-held display* e apontando para um produto é possível ver as suas características e todo o tipo de informação relacionada.

Uma das suas vantagens é a utilização de forma pública ou privada, ou seja, determinada informação relacionada com um objeto pode ser visível apenas para determinados utilizadores ou dispositivos.

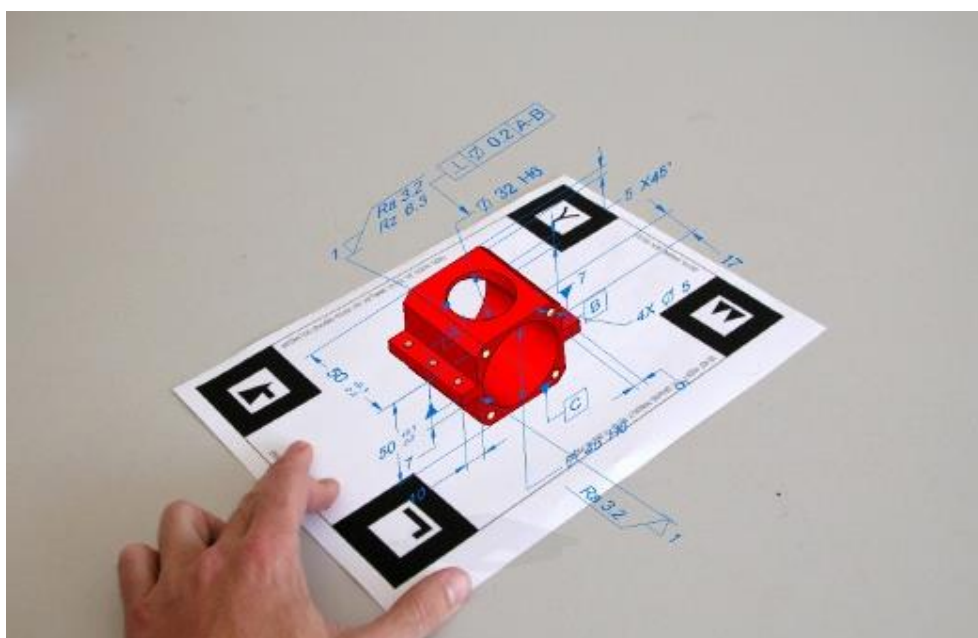


Figura 23 – Exemplo de utilização da RA em anotações e visualização

3.3 MAR - Mobile Augmented Reality

Nos últimos anos, com o impulso e desenvolvimento de novas tecnologias e melhoramento do *hardware*, tem sido possível desenvolver sistemas de RA cada vez mais capazes e eficazes.

Embora a utilização da RA seja muito vantajosa em algumas áreas já mencionadas como a medicina, navegação, robótica, entre outras, o custo desses sistemas e os conhecimentos técnicos necessários para usá-los impediu o seu uso generalizado.

Contudo, algumas empresas começaram a investir na exploração desta tecnologia utilizando dispositivos móveis, trazendo a RA para público não especialista, fomentando a sua utilização no quotidiano do utilizador comum. Alguns pesquisadores [Möhring et al., 2004; Wagner et al., 2008] mostraram como os *smartphones* podem ser usados para visão computacional baseado em RA, enquanto empresas como a *Layar* estão a implementar e a melhorar sistemas de GPS móveis baseados em Realidade Aumentada, experiências ao ar livre e meio envolvente.

Esta utilização difundida da tecnologia móvel em conjunto com a Realidade Aumentada está em constante crescimento e cada vez mais os utilizadores tiram partido das suas vantagens. Alguns autores falam desta evolução definindo-a como *Augmented Reality 2.0* e defendem a forma como esta evolução permite a sua distribuição à escala mundial e a sua utilização por milhares de pessoas ao mesmo tempo. Esta abordagem de *Augmented Reality 2.0* é uma analogia feita à *Web 2.0*. [O'Reilly, 2005] menciona que a principal diferença entre as tecnologias *Web 1.0* e *Web 2.0* é que esta última permite a criação de conteúdo por parte do utilizador final, o que promove e facilita a interação social. Em contraste, a *Web 1.0* é utilizada para difusão de informação num único sentido, as páginas *Web* eram na sua maioria estáticas e não permitiam aos utilizadores interagir ou fornecer informações adicionais.

O aparecimento da *Web 2.0* mudou substancialmente a forma como as pessoas utilizam a internet nos dias de hoje, em vez de apenas podermos ler o conteúdo das páginas *Web*, podemos também interagir e criar nós próprios o conteúdo. As interfaces *Web* evoluíram e tornaram-se cada vez mais simples e intuitivas, chegando a um nível em que até pessoas sem conhecimentos técnicos são perfeitamente capazes de interagir e adicionar conteúdo.

De uma forma muito semelhante, o desenvolvimento desta dissertação tem como base esta evolução da RA para a sua "versão 2.0" à semelhança do que aconteceu com a *Web*. O principal objetivo é poder fornecer uma tecnologia baseada em RA que difunde experiências móveis capazes de aumentar a criatividade, comunicação, colaboração e que permite partilhar informações gerando conteúdo por parte do utilizador final. Com uma plataforma baseada nesta tecnologia, o utilizador pode navegar pelo mundo real, neste caso, um simples livro, e ver sobreposições virtuais de informações relacionadas e facilmente interagir e adicionar o seu próprio conteúdo, sendo que consegue assimilar informação interessante através de um livro e de um dispositivo móvel. Esta sobreposição de informação é gerada dinamicamente a partir de variadas fontes e é posteriormente fundida num visor móvel.

3.3.1 Características do MAR

A informação digital disponível e apresentada através do MAR consegue "aumentar" todo o contexto atual do utilizador, sendo que este contexto pode ser um local, um produto, uma pessoa, um edifício, etc. Esta informação digital pode ser definida como *annotations* (anotações), "adições de informação virtual extra sobre um objeto" [Wither et al., 2008]. Estas anotações podem ser sob a forma de conteúdos multimédia como vídeos, objetos 2D ou 3D,

animações, símbolos, textos informativos, entre outros e podem ser apresentados em variadas situações, como por exemplo para fornecer o nome de um objeto da cena real, descrição das suas características, adição de novos objetos 3D a uma cena, alterar virtualmente objetos reais, como a sua cor, sombra ou luminosidade, ou auxiliar o utilizador com traçagem de percursos através de setas indicativas de direção [Wither et al., 2008]. De reter que o conteúdo baseado em RA pode ser adicionado diretamente sobre o mundo real e sobre um objeto particular ou sobre uma forma indireta e abstrata.

A origem e o local de armazenamento de todo este conteúdo pode ser diretamente no dispositivo móvel ou, através de serviços e repositórios disponíveis *online*. Muitas aplicações utilizam serviços para obterem a informação que pretendem mostrar ao utilizador, como é o caso do *Layar* por exemplo, que através da localização do utilizador, é fornecida um conjunto de informação sobre locais próximos sobre a forma de RA. Cada vez mais são utilizados serviços devido ao elevado número de informação disponível, normalmente são necessários repositórios *online* suportados por servidores que são capazes de armazenar muito mais informação do que o dispositivo móvel por si só.

Assim como na RA, as várias tecnologias de entrada e saída de dados, assim como o tipo de conteúdo disponibilizado, têm influência direta sob a forma de interação com o MAR e com o tipo de experiências que este pode provocar. Como forma de exemplo, a sensação de imersão provocada e a sua autenticidade estão diretamente relacionadas com o tipo de dispositivo de saída de dados.

[Milgram and Kishino, 1994] sugerem duas dimensões no que toca a caracterizar a RA e o MAR quanto ao realismo dos dispositivos de saída de dados:

- Fidelidade de reprodução: está diretamente relacionado com a qualidade de imagem no que toca à resolução, dimensões, texturas, animações e sombras;
- Metáfora da presença: descreve a sensação de presença própria que o observador deverá ter na cena apresentada.

Quanto aos dispositivos de entrada, e comparando com alguns já existentes há alguns anos, como o rato de computador por exemplo, no MAR existe uma grande inovação neste sentido, uma vez que é possível interagir de forma mais intuitiva através de *displays touch*, dispositivos de entrada gestual, e ainda dispositivos de entrada de sensação tangível [Billinghurst, Kato & Myojin, 2009].

Considerando o que foi abordado anteriormente, os principais objetivos que o MAR tenta atingir são sem dúvida o realismo e o fator intuitivo que tenta transmitir.

A análise dos vários tipos de interação possíveis através do MAR é uma mais-valia para o desenvolvimento deste projeto educativo baseado em RA. De seguida são apresentados alguns tipos de interação:

- Ao contrário de uma aplicação *desktop*, um projeto baseado em MAR apresenta interações que estão intrinsecamente relacionadas com o contexto atual do utilizador. A interação move-se e altera-se consoante o contexto do utilizador também se altera, esta tecnologia pode ser vista como um motor de busca de locais ou de informações em que para ter acesso basta estar no local correto;
- O MAR fornece uma metáfora de interação considerada tangível. Pode ser referido como "navegação física" [Kindberg, 2002] penetrante e visualmente abrangente. Pode ser considerada uma interface em que representa uma "incorporação completa" [Fishkin, 2004]: o dispositivo de entrada e saída de dados é o mesmo;
- O MAR é baseado num sistema de visão em vídeo, oferece um ecrã de tamanho limitado, assim como um campo de visão limitado, diretamente relacionado com a câmara. Permite mudar a orientação do campo de visão bastando para isso mover a mão que segura o dispositivo em vez de mover a cabeça como em sistemas baseados em HMDs [Papagiannakis et al., 2008];
- O campo de visão é considerado "egocêntrico", uma vez que é visto sempre na primeira-pessoa. Este fator aliado à imersão da RA proporciona um elevado grau de presença própria na cena;
- A interação é um processo contínuo, ou seja, não pressupõe um início e um fim, consiste em atividades múltiplas e intermitentes que podem ser experienciadas em simultâneo;
- A interação física com o dispositivo, apenas é feita com a mão que segura o aparelho e com os olhos e a cabeça que vão acompanhando a orientação do ecrã.

É interessante fazer uma comparação entre esta recente tecnologia e outras mais antigas segundo a forma de apresentação e obtenção de informação digital e a sua evolução. Na figura 24 é possível ver essa comparação:

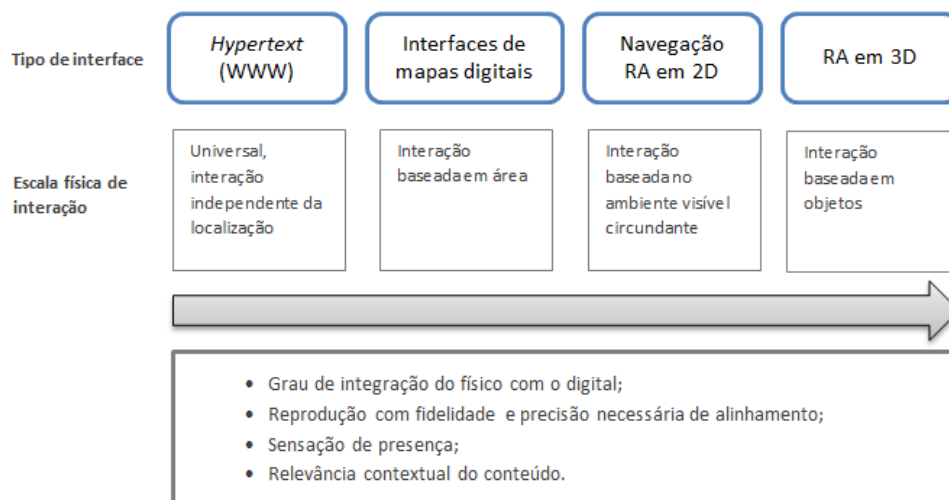


Figura 24 – RA e a evolução da apresentação e obtenção da informação digital ao longo do tempo adaptado de [Olson, 2012]

3.4 Problemas e limitações conhecidas

A Realidade Aumentada é considerada ainda uma área da tecnologia bastante recente e alguns problemas e limitações são evidentes. Estes problemas serão ultrapassados através de mais investigações que potenciem novos desenvolvimentos e melhorias quer a nível de *software* quer a nível de *hardware*.

Um dos principais problemas está relacionado com o registo. O registo é a forma como os dois mundos se relacionam, como estão alinhados e como são projetados para o utilizador, o registo dos objetos virtuais e do mundo real deve ser preciso e exato no sentido de não comprometer a sensação de ilusão de coexistência entre os dois mundos. Como exemplo prático, temos o caso das aplicações médicas em que é possível fazer uma biópsia com agulha através do auxílio de um *software de RA*. Se o objeto virtual que está a representar um cancro não estiver no local exato, o médico irá fazer uma biópsia a um tecido saudável e não ao que pretende analisar. A questão do registo nas aplicações de RA é muito importante, se não for exato, muitas aplicações não serão aceites em algumas áreas específicas.

Problemas de registo também ocorrem em cenários de ambientes virtuais, são mais difíceis de detetar porque não existe a ilusão de junção do real com o virtual, embora neste caso o problema não seja tão grave visto que as áreas de aplicação não são tão sérias que possam comprometer por exemplo a vida humana.

Em ambientes virtuais pode ocorrer um fenómeno chamado "Captura Visual" que se define como uma tendência do cérebro para acreditar no que vê e não nos outros sentidos, tato, audição, olfato e paladar, tornando ainda mais difícil detetar erros de registo, uma vez que a informação visual substitui todos os outros sentidos [Welch, 1978]. Segundo Welch, se os erros forem sistemáticos e se o utilizador estiver sujeito a muitas horas ou dias de exposição, é possível que o utilizador se consiga adaptar e perder totalmente a noção e perceção de tais erros.

A Realidade Aumentada obriga a um registo muito mais preciso do que os ambientes virtuais. Imaginemos um cenário em que o utilizador está a utilizar um *display HMD* e o sistema representa a sua mão na cena, como sendo um objeto virtual; se existir um erro de registo o utilizador irá visualizar a sua mão desalinhada com a mão virtual, provocando conflitos visuais entre as duas imagens. Este tipo de conflitos tornam-se fáceis de detetar uma vez que a própria resolução do olho e a sensibilidade do nosso sistema visual deteta estas diferenças, mesmo quando se trata de desvios muito pequenos [Azuma, 1993].

Para percebermos o nível de sensibilidade do olho humano, é necessário recorrer a alguns termos oftalmológicos como por exemplo, a precisão angular, que se trata exatamente do tipo de diferenças detetadas pelo olho humano na sobreposição de objetos e imagens. O valor de precisão angular ideal é uma pequena fração de um grau. O limite inferior é definido pela capacidade de resolução do olho humano, variando de pessoa para pessoa. A zona do olho que possui a maior capacidade de deteção é a fóvea, zona central da retina, uma vez que apresenta a maior densidade de deteção de cones de cor, cerca de 120 graus de arco, o que

corresponde a um espaçamento de meio minuto de arco. Como exemplo prático, se fizéssemos uma sobreposição da lua cheia com um objeto virtual, a margem mínima de diferença no diâmetro, seria facilmente perceptível pelo olho humano [Jain, 1989].

O Ser Humano consegue diferenciar variações entre claro e escuro em cerca de um minuto de arco, em alguns casos especiais, algumas pessoas conseguem detetar diferenças ainda menores; os *display* HMDs mais recentes, não são capazes ainda de fornecer uma precisão que permite tornar as diferenças de registo imperceptíveis ao olho humano, visto que apenas atingem valores acima de um minuto de arco, ou seja, em termos práticos, o utilizador conseguirá detetar erros de alguns píxeis nos dispositivos atuais [Doenges, 1985].

As possibilidades de erro e as exigências da alta precisão são imensas num sistema de RA e por este motivo torna-se bastante difícil resolver e controlar adequadamente os erros de registo.

Existem dois tipos de erro que podemos identificar relativamente ao registo, erros do tipo estáticos ou dinâmicos:

- Estáticos: erros que causam problemas de registo, mesmo quando o campo de visão do utilizador e os objetos presentes na cena permanecem imóveis;
- Dinâmicos: erros que apenas são visíveis quando o campo de visão do utilizador se altera ou um objeto da cena muda de posição.

Erros estáticos

Dentro dos erros estáticos existem quatro tipos diferentes:

- **Distorção ótica:** erros deste tipo existem na maioria das lentes e câmaras existentes. Perto do centro do campo visual, as imagens são relativamente pouco distorcidas, quanto maior é a distância, mais distorcidas ficam. As óticas utilizadas para focar e aumentar as imagens gráficas apresentadas nos monitores, podem provocar distorção. O mapeamento das imagens virtuais distorcidas sobrepostas com a imagem do mundo real causa erros estáticos de registo [Deering, 1992].
Soluções possíveis: normalmente este tipo de erros são sistemáticos, por isso podem ser mapeados e compensados através de dispositivos adicionais.
- **Erros no sistema de rastreio:** erros detetados na saída de dados ou projeção da cena final para o utilizador, são dos mais graves ao nível dos erros estáticos e dos mais difíceis de resolver, uma vez que são difíceis de calcular e eliminar, a grande maioria dos sistemas disponíveis atualmente não são precisos o suficiente para dar resposta às exigências ideais de um sistema de RA.
- **Desalinhamentos mecânicos:** este tipo de erros definem-se por discrepâncias entre a especificação do *hardware* do sistema requerido e as propriedades reais do sistema a implementar, ou seja, num sistema de RA de visão de vídeo por exemplo, se a câmara

e o HMD não tiverem as especificações reais daquilo que se pretende, ou se a junção dos restantes componentes não for a ideal, podem provocar problemas de registo.

Soluções possíveis: para prevenir tais erros, todos os componentes deverão ser montados corretamente, em alguns casos é possível depois de montado o sistema fazer pequenos ajustes e compensações para prevenir os erros.

- **Parâmetros de visualização incorreta:** pode ser considerado um caso especial de erros de alinhamento onde podem ser utilizadas técnicas de calibração para os ultrapassar.

Soluções possíveis: Normalmente estes erros são pequenos desvios sistemáticos facilmente ultrapassáveis através de alguns ajustes; outra forma é através da medição de alguns parâmetros de ajuste, utilizando algumas ferramentas e sensores.

Erros dinâmicos

Os erros dinâmicos ocorrem devido a latências e atrasos no sistema. O tempo de atraso (*system delay*) é definido pela diferença de tempo entre o sistema de rastreio que tem a função de calcular a posição e orientação do ponto de vista e o momento em que as imagens virtuais cuja localização tem que corresponder a determinados parâmetros são apresentadas no ecrã. Estes atrasos ocorrem porque cada componente do sistema tem uma tarefa a desempenhar, algumas das quais complexas e demoram algum tempo a serem executadas. Os atrasos podem ter origem no sistema de rastreio, na comunicação entre componentes, no gerador de cenas que demora a apresentar as imagens, todos estes subsistemas podem comprometer o tempo de resposta final. Atrasos de 100ms são bastante comuns e em alguns sistemas mais sobrecarregados e com conexões à rede podem demorar até 250ms.

Existem algumas técnicas que podem reduzir este tipo de erros, nomeadamente:

- **Reduzir o atraso do sistema:** abordagem mais direta em que simplesmente se reduz ou elimina os atrasos do sistema. Em muitos casos não é possível visto que os geradores de cenas modernos são construídos para potenciar a transferência e não a latência mínima [Foley et al., 1990].
- **Reduzir o atraso aparente:** neste caso é utilizada uma técnica de deflexão de imagem, ou seja, o gerador de cenas transmite uma imagem muito maior do que aquela que seria necessária para preencher por completo o ecrã, de seguida, mesmo antes de a imagem ser apresentada ao utilizador, o sistema lê o último relatório de orientação calculado e utilizando um valor de orientação apresenta ao utilizador a imagem final com as compensações e ajustes feitos. Esta técnica utiliza a informação que o sistema recolheu sobre a profundidade de cada pixel e faz os cortes na imagem como se tivesse que renderizar a imagem por completo.

- **Combinar fluxos temporais:** nos sistemas baseados em visão de vídeo, a câmara responsável por captar as imagens do mundo real e o restante *hardware* utilizado, provocam pequenos atrasos de leitura. Estes atrasos são transformados numa mais-valia para reduzir os erros dinâmicos, porque permitem que seja possível combinar os fluxos temporais das imagens reais com as virtuais; por outras palavras, é possível adiar a apresentação da imagem real, para que seja projetada ao mesmo tempo que as imagens virtuais geradas pelo motor de cenas são disponibilizadas. O sistema tem que ter a capacidade de sincronizar dinamicamente as duas imagens uma vez que o tempo que o gerador de cenas demora a processar uma cena pode variar consoante a sua complexidade.
- **Capacidade de previsão:** esta será talvez a técnica mais complexa de implementar e baseia-se na capacidade que o sistema tem em prever o futuro ponto de vista e posicionamento dos objetos. Se a localização futura for conhecida, a cena pode ser processada previamente com esses futuros locais em vez dos locais medidos. No momento em que a cena deverá aparecer, os objetos movem-se para os locais previstos mantendo a cena com as imagens gráficas coerente. Para atrasos considerados curtos, menos de 80ms, esta técnica foi testada para reduzir os erros dinâmicos até uma ordem de magnitude [Azuma, 1994]. Para ser possível obter previsões mais precisas é necessário a utilização de sistemas bastante avançados de medição em tempo real. Esta técnica requer ainda mais testes e desenvolvimentos para se conseguir comprovar os valores teóricos obtidos por alguns investigadores [Azuma, 1995a; Azuma, 1995b].

Resumindo, o posicionamento dos objetos virtuais num ambiente real necessita de um sistema capaz de calcular com exatidão a cena final e os locais onde os objetos estarão posicionados no ambiente.

A Realidade Aumentada ainda necessita de muito trabalho no que toca a melhorar o registo, devido à exigência de precisão que as aplicações existentes obrigam a ter e aos rigorosos requisitos de exatidão que terá que conseguir alcançar.

Sensores de longo alcance e dispositivos de rastreio terão que evoluir para que consigam oferecer aos sistemas de Realidade Aumentada uma precisão mais elevada e em tempo real.

3.5 Ferramentas de desenvolvimento de aplicações móveis RA

De seguida serão apresentadas algumas análises a ferramentas que permitem desenvolver aplicações relacionadas com a tecnologia de RA, serão abordados alguns pormenores técnicos e teóricos de cada uma delas. Pretende-se que no fim desta análise, através de uma

comparação entre as diversas ferramentas, seja possível decidir qual a que se adapta melhor às necessidades exigentes para implementar o projeto *RealHiBook*.

3.5.1 Sistema Operativo - *Android*

O *Android* é um sistema operativo desenvolvido pela *Google* especificamente criado para ser utilizado em dispositivos móveis como *smartphones* e *tablets*. A grande motivação da *Google* era o de criar uma plataforma com serviços baseados em localização, flexível, intuitiva, de código aberto e de fácil dissipação para as massas.

Foi utilizado como base o *kernel* do *Linux*, a plataforma é facilmente adaptável para várias resoluções de ecrã tanto de *smartphones* como *tablets*, compatível com gráficos 2D, 3D e *Open GL*.

Em relação ao suporte para armazenamento de dados é utilizado o *SQL Lite* como gestor de base de dados, permite o envio de SMS e MMS, assim como a apresentação de notificações de forma fácil e suporta a grande maioria de formatos de áudio e vídeo mais comuns no mercado.

Como suporte e motor de compilação de código é utilizada uma máquina virtual especializada para dispositivos móveis denominada *Dalvik*, as aplicações são escritas em código fonte na linguagem *Java* e compiladas para *bytecode Dalvik*. Isto permite que qualquer aplicação compilada sobre esta máquina virtual possa correr em qualquer dispositivo que tenha instalado o sistema operativo *Android*, independentemente do modelo, marca ou processador que utilizar, seguindo o mesmo conceito que uma máquina virtual *Java* (JVM).

O *Android* apresenta ainda como principal característica a inclusão de interfaces que permitem utilizar câmaras de vídeo, microfones, auriculares, *touchscreens*, acelerómetros e aceleração de gráficos 3D, o que o torna num sistema operativo ideal para ser utilizado com RA, uma vez que apresenta todas as características que o permitem fazer.

A *Google* disponibiliza no seu *site* oficial, um ambiente de desenvolvimento que funciona nos sistemas operativos mais comuns como *Windows 7*, diversas distribuições de *Linux* e *Mac OS*. Pode ser utilizado através do *Eclipse* IDE adicionando um *plugin* que a *Google* também disponibiliza denominado *Android Development Tools* (ADT) ou então através de um IDE próprio que a *Google* lançou para desenvolvimento de aplicações para *Android* baseado no *IntelliJ*, *Android Studio* que traz de raiz todas as configurações necessárias para o desenvolvimento no contexto do seu sistema operativo.

Segundo a *Google*, todos os dias são ativados mais de um milhão de dispositivos, e em 2013 esta marca atingiu no total, 900 milhões de dispositivos ativados e cerca de 900 mil aplicações disponíveis na sua loja *online* [Google, 2013b].

A última versão lançada para este sistema operativo até à data é a versão 4.3 *Jelly Bean*.

De seguida é apresentada uma imagem que mostra como está organizada a arquitetura deste sistema operativo:

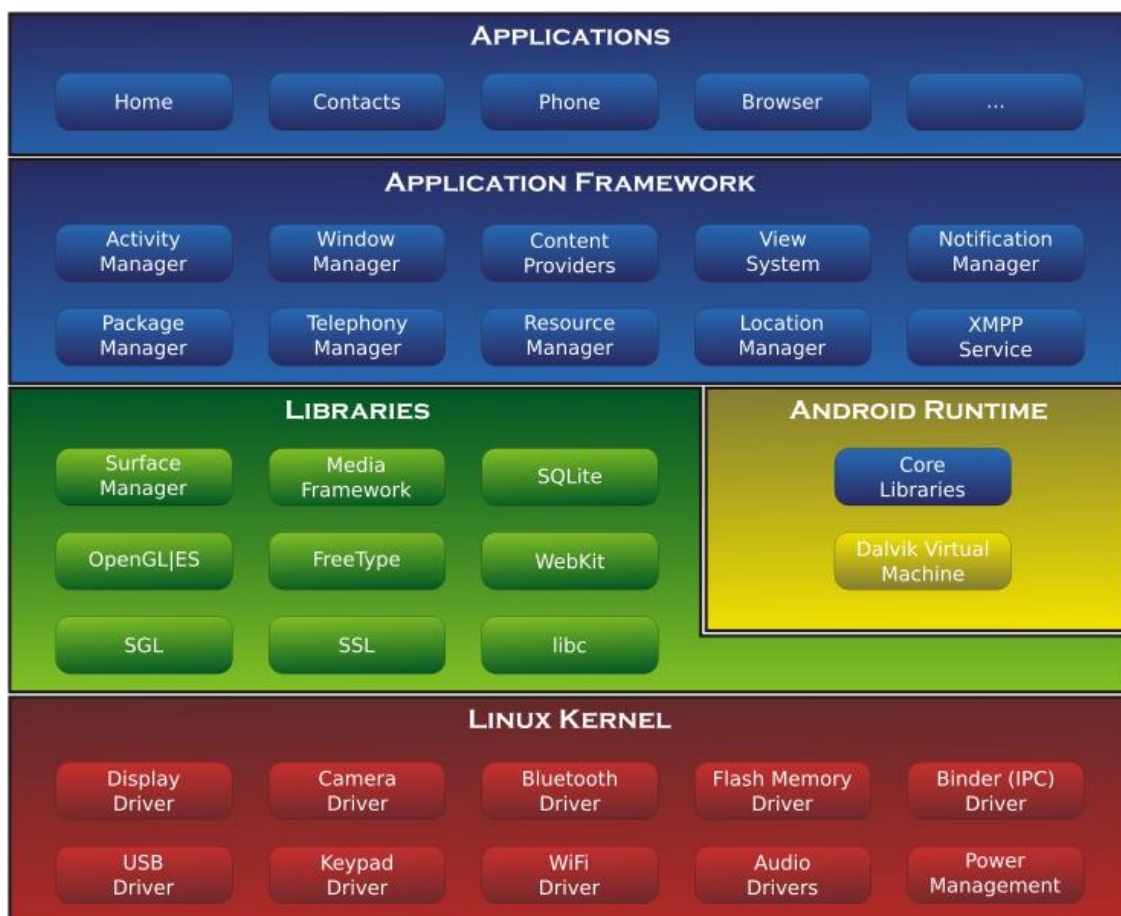


Figura 25 – Arquitetura do sistema operativo *Android*

3.5.2 Wikitude

Wikitude é uma aplicação lançada em 2008 pela empresa *Wikitude GmbH* como uma aplicação de Realidade Aumentada para ser utilizada em dispositivos móveis. Através da câmara existente nos dispositivos a aplicação é capaz de reconhecer imagens como locais e apresentar ao utilizador informação sobre o ambiente envolvente assim como objetos 3D.

Para além da aplicação *Wikitude*, a empresa responsável pelo seu desenvolvimento disponibiliza ainda um *Software Development Toolkit (SDK)*, para desenvolver para *Android*, *BlackBerry*, e *iOS*.

A aplicação funciona essencialmente através de localização do utilizador detetada por GPS ou *WiFi*. A disposição dos objetos no ecrã é calculada através da localização do utilizador, dos seus movimentos e direção, utilizando para isso os componentes existentes no dispositivo como a bússola e o acelerómetro.

Uma das grandes vantagens desta aplicação é a sua capacidade de reconhecimento de imagem e automaticamente ao reconhecer um objeto na cena, apresenta objetos de Realidade Aumentada correspondentes.

O SDK disponível versão *free*, apenas pode ser utilizado para aplicações educacionais sendo que é apresentada uma animação inicial da marca *Wikitude*, o logótipo *Wikitude* aparece sempre na imagem e alguns elementos são apresentados em marca de água [Wikitude, 2013].

Existe ainda o *Wikitude Studio* baseado em *Web* e que permite desenvolver aplicações de Realidade Aumentada embora com bastantes limitações. No entanto é prático e fácil de utilizar para quem apenas quer uma simples aplicação de Realidade Aumentada.

3.5.3 Metaio

Metaio é um SDK para RA desenvolvido pela empresa *Metaio GmbH*.

Este SDK pode ser utilizado para desenvolver aplicações em *Android*, *iOS* e *Windows* e pode ser instalado em ambientes *Windows* e *OS X*. O SDK fornece ainda um plugin para a aplicação *Unity3D*. Para além disso, pode ser complementado por outra aplicação, o *Metaio Creator*, que permite a qualquer utilizador criar cenários de Realidade Aumentada com modelos 3D sem ser necessário ter conhecimentos de programação.

A *Metaio GmbH* é também a criadora do *Junaio*, um *browser* de RA que fornece aos utilizadores informações quanto à sua posição apontando o dispositivo móvel para alguns objetos. O *Junaio* está disponível para *Android* e *iOS*.

O SDK vem de base com um completo motor de renderização 3D, reconhecimento de objetos e imagens e permite a distribuição das aplicações desenvolvidas de forma livre com marca de água [Metaio, 2013].

3.5.4 Qualcomm

A *Qualcomm* é uma empresa norte-americana que fabrica semicondutores, e comercializa produtos de telecomunicações digitais sem fios.

É também responsável pela criação de um SDK de RA denominado *Vuforia*. O *Vuforia* utiliza tecnologia de visão computacional para reconhecer imagens e objetos 3D em tempo real. Este SDK permite aos programadores orientar e posicionar os objetos virtuais na cena tendo em consideração os objetos reais criando um ambiente de Realidade Aumentada através da captação de imagens pela câmara de um dispositivo móvel. Permite ainda a utilização de uma enorme variedade de objetos 2D e 3D, adição de botões virtuais na cena e a capacidade de interagir com os objetos selecionando "imagens alvo".

O SDK possibilita o desenvolvimento de aplicações para as plataformas *Android* e *iOS* e disponibiliza ainda APIs para as linguagens de programação *C++*, *Objective C*, e *Java* [Qualcomm, 2013].

3.5.5 Total Immersion

Total Immersion é o SDK lançado pela empresa com o mesmo nome sediada em França. A empresa utilizou este SDK no desenvolvimento do seu produto mais conhecido denominado *TryLive*, este produto é utilizado para *marketing* e basicamente tem como objetivo permitir ao utilizador experimentar peças de roupa ou acessórios sem os ter realmente presentes. A aplicação foi adaptada para um grande número de produtos como óculos, sapatos, jóias, roupas, relógios, entre outros.

A empresa orgulha-se de garantir a utilização deste SDK para criar aplicações capazes de corresponder aos cenários de Realidade Aumentada, criando uma sensação de imersão bastante completa. Existem aplicações para a área industrial, educação, treino, marketing, jogos, comercial, etc., com provas dadas no mercado.

A plataforma para desenvolvimento de aplicações de Realidade Aumentada baseadas no *Total Immersion* chama-se *D'Fusion* e permite criar soluções para dispositivos móveis e *Web*. Disponibilizam ainda a ferramenta de *design*, *D'Fusion Studio* completamente gratuita que permite criar projetos profissionais e apresentações comerciais [Total I., 2013].

3.5.6 Catchoom

Catchoom é uma empresa recente sediada em Barcelona e que possui uma solução de Realidade Aumentada baseada em *WebServices* REST.

A empresa disponibiliza um serviço *Web* de reconhecimento chamado *Catchoom Recognition Service* (CRS) que permite ao programador construir uma vasta gama de aplicações e serviços próprios para reconhecimento de imagem. Este serviço permite o carregamento e a gestão de coleções de imagens e informações respetivas para depois serem utilizadas como referência e apresentados sobre a forma virtual em cenários reais. As imagens referência ficam guardadas na *Catchoom Cloud*.

Segundo a empresa responsável por este SDK, com esta solução é possível executar operações básicas *create*, *retrieve*, *update* e *delete* (CRUD). Estas operações podem ser utilizadas sobre quatro tipos de objetos básicos: itens, imagens de referência, coleções e *tokens*. Itens são todo o tipo de objetos como imagens, logotipos, locais; coleções são conjuntos de itens, enquanto que *tokens* são identificadores que representam uma coleção de imagens e as imagens de referência contêm um conjunto de informação virtual dos itens [Catchoom, 2012].

De seguida é apresentado um diagrama com a organização estrutural destes quatro componentes básicos da *Catchoom* SDK:

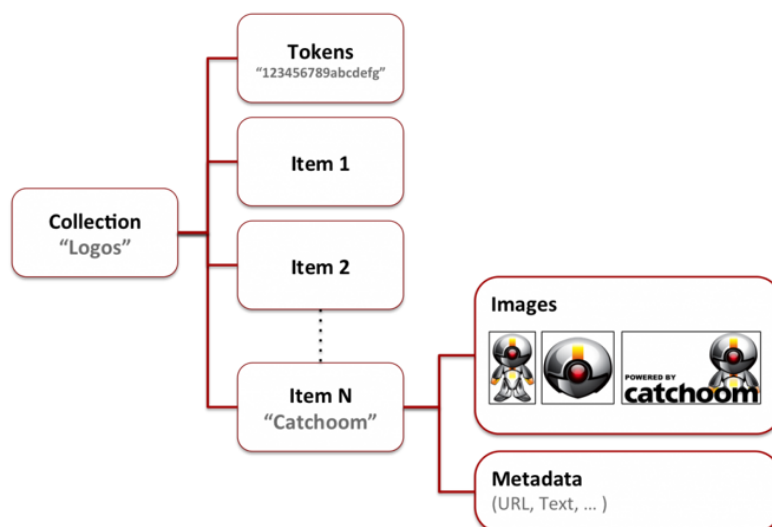


Figura 26 – Diagrama dos elementos *Catchoom* [Catchoom, 2012]

O SDK está disponível para desenvolver aplicações capazes de serem executadas em dispositivos móveis com o sistema operativo *Android* ou *iOS* e para ambientes *Web* está disponível para as linguagens de programação *Python* e *PHP*.

3.5.7 Comparação das várias ferramentas de desenvolvimento

O objetivo principal desta dissertação é implementar um sistema educativo e interativo baseado em Realidade Aumentada tendo como base o sistema operativo *Android* e como tal torna-se importante a análise feita aos vários SDKs existentes e que permitem desenvolver aplicações nesta tecnologia.

Esta análise visa descobrir o SDK que melhor se adapta ao que é pretendido como objetivo final, quer em termos de linguagem de programação utilizada, quer em termos de facilidade de uso, documentação, suporte e melhor capacidade gráfica nomeadamente a utilização de recursos como imagens e modelos 3D.

A escolha não se torna muito fácil e direta uma vez que os SDKs estudados são já bastante desenvolvidos e alguns deles muito semelhantes no que respeita às funcionalidades que oferecem.

O *Wikitude* apresenta-se como uma solução já com uma base bastante sólida e com funcionalidades muito capazes, no entanto é um SDK ideal para ser utilizado com deteção da localização através de GPS numa determinada área e fornecimento de informações de locais através de RA. Funciona muito bem nesse tipo de ambientes, não sendo a solução ideal para

uma aplicação que necessita de alguma interação, de recursos e cenas ricas em modelos tridimensionais. Para além disto, as versões gratuitas são um pouco limitadas.

Em relação ao *Catchoom* é um SDK bastante recente e em constante crescimento mas que apresenta algumas desvantagens como por exemplo a não utilização de objetos tridimensionais e a sua projeção nos ambientes virtuais. O motor tridimensional não apresenta ainda as funcionalidades e as capacidades principais para ser utilizado num projeto como aquele que é pretendido com esta dissertação. O *Catchoom* parece uma solução bastante interessante e até simples de utilizar para aplicações de Realidade Aumentada mais básicas, não tão interativas e ricas em objetos virtuais complexos como a que se pretende criar.

No que diz respeito aos três restantes SDKs analisados: *Metaio*, *Qualcomm Vuforia* e *Total Immersion*, parecem oferecer todas funcionalidades e soluções muito semelhantes, o que torna complicado a utilização de um em detrimento dos outros. Todas elas oferecem versões gratuitas e embora com algumas limitações são perfeitamente possíveis de serem utilizadas na implementação deste projeto. Possuem também motores de renderização e de reconhecimento bastante eficazes como é possível comprovar pelas descrições oficiais e por exemplos que cada SDK permite experimentar. A documentação e suporte técnico também parecem muito completos o que é bastante importante para esclarecer dúvidas de implementação e desenvolvimento, e para além disso também é possível para cada uma destas soluções descarregar do *site* oficial uma aplicação gratuita para criação de ambientes RA utilizando objetos 3D.

Em termos de funcionalidades são bastante semelhantes, em termos técnicos numa perspetiva de programador, tanto o *Metaio* como o *Total Immersion* apresentam um desenvolvimento muito orientado à User Interface (UI), enquanto que o *Qualcomm Vuforia* é baseado mais em código e por essa razão a implementação de projetos baseados neste SDK torna-se mais lenta e demorada.

De seguida são apresentadas três tabelas comparativas entre os cinco SDKs estudados para permitir perceber as principais diferenças entre eles:

Tabela 6 – Comparação dos SDKs estudados em relação à plataforma e rastreamento

SDK	Plataformas		Rastreamento				
	<i>Android</i>	<i>iOS</i>	Imagens	Objetos 3D	Marcadores	Vídeo	Image buttons
<i>Wikitude</i>	X	X	X	—	X	—	—
<i>Metaio</i>	X	X	X	X	X	—	—
<i>Qualcomm Vuforia</i>	X	X	X	X	X	X	X
<i>D’Fusion</i>	X	X	X	X	X	—	—
<i>Catchomm</i>	X	X	X	—	X	—	—

Tabela 7 – Comparação dos SDKs estudados em relação aos recursos

SDK	Recursos			
	<i>Visual Search</i>	<i>FaceTracking</i>	<i>Content API</i>	Compatibilidade com <i>Unity 3D</i>
<i>Wikitude</i>	—	—	X	—
<i>Metaio</i>	X	X	X	X
<i>Qualcomm Vuforia</i>	—	—	X	X
<i>D’Fusion</i>	—	X	—	—
<i>Catchomm</i>	X	—	X	—

Tabela 8 – Comparação dos SDKs estudados em relação à implementação em si e documentação

SDK	Licença	Modelação e desenho	Facilidade de implementação	Documentação
<i>Wikitude</i>	<i>free (trial)</i>	<i>Wikitude Studio</i>	+	+
<i>Metaio</i>	<i>free + free educacional + SDK</i>	Metaio Creator	+	+/-
<i>Qualcomm Vuforia</i>	<i>free + SDK comercial</i>	FastCV	-	+
<i>D’Fusion</i>	<i>free + SDK comercial</i>	D’Fusion Studio	+	+
<i>Catchomm</i>	<i>free + SDK comercial</i>	—	+/-	-

Todas estas aplicações foram analisadas ao pormenor e para a criação deste projeto qualquer uma podia ser utilizada com mais ou menos dificuldade, com mais ou menos limitações, no entanto, apenas três das já referidas, *Metaio*, *Qualcomm Vuforia* e *Total Immersion* apresentam todas as características que podem ser capazes de tornar este projeto o mais completo possível e capazes de criar no utilizador final a experiência e imersão pretendidas num cenário histórico, interativo e educacional.

É complicado escolher entre uma das três, uma vez que as diferenças entre elas são mínimas e pouco significativas, a escolha recai sobre o SDK *Metaio* essencialmente porque mostra ser capaz daquilo a que se propõe, o seu desenvolvimento tem uma base bastante consistente fruto de alguns anos de trabalho, existe documentação de apoio à realização individual de aplicações baseadas em RA e ainda disponibilizam bastantes aplicações de exemplo que podem ser testadas e utilizadas para compreender de que forma podemos implementar com este SDK.

4 Implementação do projeto *RealHiBook*

Este capítulo visa descrever a implementação do projeto *RealHiBook*, a plataforma de desenvolvimento, o SDK de RA e os conteúdos utilizados. Pretende também abordar de forma mais técnica a estrutura da aplicação, assim como as suas funcionalidades e interação com o utilizador.

4.1 Descrição do projeto

O projeto apresenta como principal objetivo, a criação de um livro interativo que ao utilizar a Realidade Aumentada, pretende transmitir e facilitar a captação de conteúdos educativos no âmbito da história, mais concretamente da mitologia da Grécia Antiga.

Tendo em conta alguns conceitos já analisados ao longo desta dissertação, nomeadamente algumas limitações da tecnologia de RA, os códigos visuais possíveis de serem utilizados, o tipo de conteúdos e modelos, a interação e percepção do utilizador perante determinados elementos e cenários com que são sujeitos durante a utilização de aplicações educativas, foi desenvolvido um protótipo que fosse ao encontro de alguns destes requisitos, no sentido de permitir ao utilizador interagir facilmente, sentir segurança na sua utilização e ao mesmo tempo poder explorar a aplicação de forma a captar a informação seguindo sempre um rumo lógico e bem definido.

Foram utilizados vários tipos de recursos e conteúdos, como modelos 3D animados, texto, imagens, áudio e botões interativos.

A aplicação tem que ser utilizada juntamente com o livro em formato papel do *RealHiBook* (Anexo II), devidamente criado para o efeito. O livro está ilustrado com várias imagens denominadas de *targets*. Estas imagens foram configuradas e programadas para serem

reconhecidas pela aplicação e perante a imagem correta, é criada uma cena específica no ecrã do dispositivo móvel com vários elementos visuais.

O *RealHiBook* está dividido por cenas, cada cena representa uma página do livro. Na primeira cena/página, é apresentado ao utilizador um guia chamado “*Marvin*”. O “*Marvin*” é um modelo 3D e tem a função de familiarizar o utilizador com a aplicação e de o guiar durante todo o livro, ou visto de outra forma, de o guiar por todo o processo de aprendizagem. Este modelo interage com o utilizador através de animações, som, e ao mesmo tempo legendas, para que, para além do áudio, o utilizador consiga ler o que lhe está a ser dito percebendo com a mínima dificuldade a narrativa. O principal objetivo deste modelo 3D é o de transmitir segurança, desta forma o utilizador sabe o que deve fazer em cada cena e qual o próximo passo.

Visando transmitir ao utilizador, a capacidade de escolha, uma vez que algumas pessoas preferem usar o seu sentido mais individual e explorador, a aplicação permite escolher logo na primeira cena um de dois modos disponíveis, o modo “*Guided Tour*” ou o modo “*Explorer*”. No primeiro, o “*Marvin*” irá acompanhar a pessoa do início ao fim do livro, dando dicas e ajuda. A segunda desabilita a interação com o “*Marvin*”, deixando a pessoa com mais liberdade para explorar a aplicação.



Figura 27 – Ecrã de escolha do modo de interação da aplicação *RealHiBook*

Uma das maiores preocupações foi a navegação pelo livro. A ideia fundamental era o de transmitir ao utilizador a simples leitura de um livro de história, auxiliado por elementos virtuais que compõem e enriquecem cada página.

Desta forma era importante que a cada mudança de página a aplicação fosse capaz de mostrar exatamente a cena respetiva. Neste sentido a navegação é bastante simples, para navegar basta virar a página, permitindo não só ao utilizador alguma liberdade para avançar

ou retroceder na aplicação sempre que quiser, como interiorizar a informação ao ritmo que pretender.

As cenas têm uma sequência lógica, desde a introdução à Grécia Antiga, a sua localização no mapa, introdução à mitologia grega e informação sobre os deuses. No final é feito um pequeno *quiz* constituído por cinco perguntas sobre o que foi abordado no livro.



Figura 28 – Exemplo de um dos ecrãs da aplicação com a visualização do mapa da Grécia

Este *quiz* é um teste interativo que tem como objetivo avaliar o conhecimento adquirido pelo utilizador sobre esta matéria. O utilizador tem total liberdade no tempo de elaboração do teste, podendo até consultar as páginas/cenas do livro onde se encontra a informação que o poderá ajudar a responder corretamente a cada pergunta.

No final, se acertar a mais de duas perguntas, é mostrada a informação que passou no teste de conhecimento, se o resultado final foi inferior a três respostas certas é aconselhado a aprofundar mais os seus conhecimentos sobre a mitologia grega.

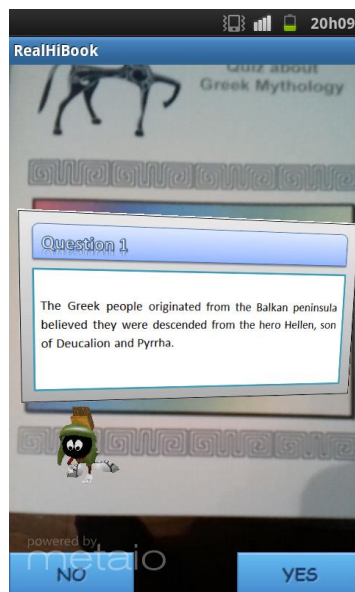


Figura 29 – Exemplo de resposta a uma das perguntas do *quiz* do *RealHiBook*

Como já foi referido, o utilizador tem total liberdade para explorar a aplicação e captar a informação ao ritmo que acha ser mais adequado para si. A aplicação está desta forma dividida em pequenas cenas relacionadas entre si com uma sequência lógica, seguindo alguns princípios básicos deste tipo de aplicações mencionados por [Shneiderman, 1998]:

- A informação deve estar organizada em pequenos fragmentos;
- Os fragmentos devem estar relacionados entre si;
- Fornecer ao utilizador pequenas porções de informação de cada vez.

4.2 Plataforma de desenvolvimento

A plataforma de desenvolvimento utilizada para implementar o *RealHiBook* foi o *Eclipse* IDE por duas razões principais, é o ambiente recomendado pela própria *Google* para desenvolver aplicações baseadas no seu sistema operativo móvel e como consequência torna-se aquele que sobre o qual mais documentação e suporte existe. Estão disponíveis tutoriais bem detalhados e explicativos de como montar e configurar o ambiente de trabalho.

Juntamente com o *Eclipse* foi utilizada a versão 22.0.5 do *Android SDK Tools*, que é um conjunto de ferramentas para que seja possível fazer “*debug*” e testes às aplicações desenvolvidas para *Android*. Contém também APIs da *Google* para ser possível ter acesso a algumas funções nativas do sistema *Android*.

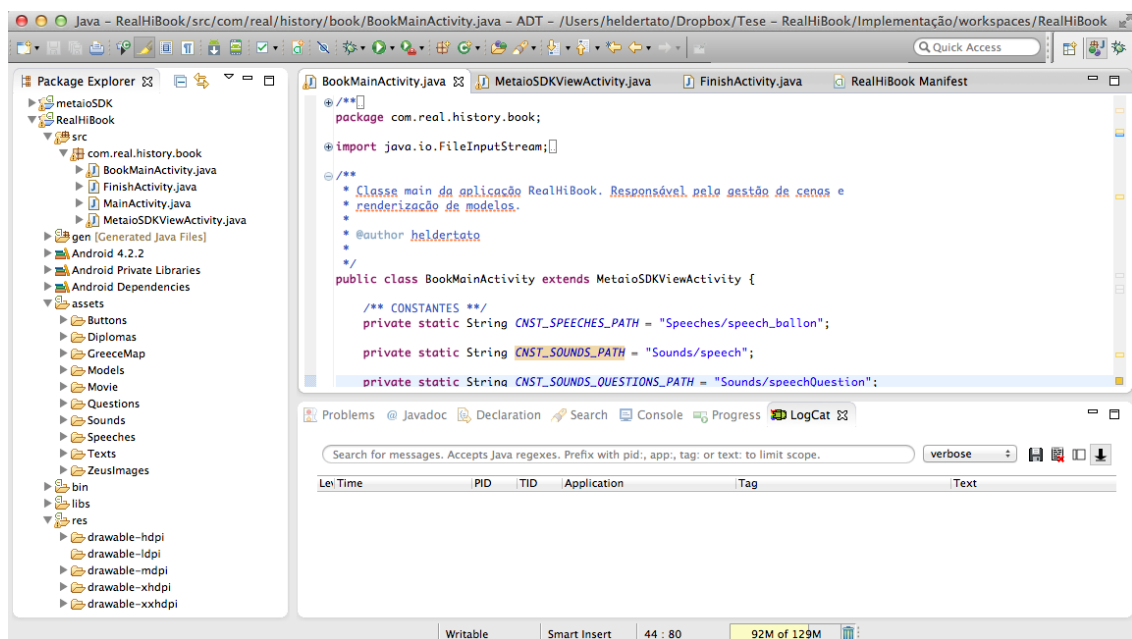


Figura 30 – Ambiente de desenvolvimento do RealHiBook no Eclipse IDE

O SDK de RA utilizado para criar o reconhecimento e projeção do conteúdo educativo foi o *Metaio* SDK. Este SDK foi testado segundo vários cenários, com vários modelos, e com diversas interações até se chegar à conclusão de que preenchia os requisitos para poder ser aplicado no desenvolvimento deste protótipo. A versão utilizada foi a *metaio SDK 4.5 BASIC license*, que como o nome indica é a versão grátis com pequenas limitações como marca de água com o logotipo da marca e um *splashscreen* da *Metaio* sempre que a aplicação é iniciada, limitações que em nada interferem com o desenvolvimento do protótipo pretendido.

Para além do SDK foi utilizado também o *software Metaio Creator* que permite, através de um ambiente gráfico, importar imagens *target* e sobrepor modelos que serão apresentados no dispositivo móvel. Esta aplicação permite definir a posição que o objeto ou modelo irá ter em relação ao seu *target* na cena apresentada. É possível configurar a sua posição no plano, rodar para a direção pretendida ou mover para diversas posições. Depois de todas as configurações estarem feitas, é possível exportar o projeto criado, é gerado um ficheiro “.zip” que contém ficheiros XML com várias configurações específicas, como por exemplo, valores de rotação e posicionamento do modelo. Estes ficheiros são depois carregados na aplicação *Android* e interpretados pelo *Metaio* SDK [Metaio, 2013].

Tendo em conta as várias versões do sistema operativo *Android* já lançados pela *Google* e a sua corrente utilização no mercado por várias pessoas, definiu-se que a aplicação *RealHiBook* é compatível desde a versão 2.2 do *Android*, que é considerada uma das mais baixas ainda em uso comum, até à versão 4.3, sendo esta uma versão bastante atual. Desta forma pretende-se que a aplicação possa ser utilizada por um grande número de utilizadores de *Android* sem terem qualquer problema de compatibilidade entre versões.

A disponibilização futura do *RealHiBook* é bastante simples, a plataforma de desenvolvimento utilizada permite gerar, a partir do código compilado, um ficheiro com a extensão “.apk” (extensão de uma aplicação executável *Android*) e que pode ser distribuída facilmente através da loja de aplicações oficial da *Google*, a *Google Play*, ficando desta forma disponível para download [Google, 2013c].

Tabela 9 – *Softwares* utilizados no desenvolvimento do projeto

Softwares utilizados	Versão
<i>Eclipse IDE</i>	<i>Juno v21.1.0</i>
<i>Android SDK Tools</i>	22.0.5
<i>Metaio SDK</i>	4.5 <i>Basic</i>
<i>Metaio Creator</i>	2.6
<i>Android (mínima)</i>	2.2
<i>Android (máxima)</i>	4.3

4.3 Arquitetura da aplicação

Em relação à arquitetura da aplicação, está bastante relacionada com a própria estrutura do *Android* uma vez que é executada tendo como base este sistema operativo vocacionado para dispositivos móveis. Para se perceber estruturalmente como o *RealHiBook* está organizado é necessário ainda introduzir a arquitetura do *Metaio SDK*.

De seguida é apresentada uma imagem ilustrativa desta arquitetura:

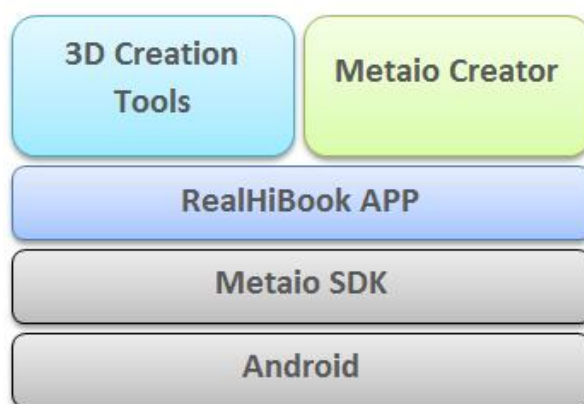


Figura 31 – Arquitetura da aplicação *RealHiBook*

Como se pode perceber pela imagem, na base de toda a aplicação está o sistema *Android*, onde está depois assente o SDK que possibilita a utilização da Realidade Aumentada, o *Metaio SDK*. A aplicação *RealHiBook* está diretamente relacionada com o *Metaio SDK* e utiliza efectivamente os serviços que esta camada disponibiliza. É possível considerar ainda uma camada superior onde se encontra o *Metaio Creator* e os *3D Creation Tools*, representando *softwares* que são utilizados para criar conteúdo sobre o formato de modelos que são depois utilizados pela aplicação *RealHiBook*. No caso do *Metaio Creator* tem ainda a responsabilidade de gerar os ficheiros *tracking* de configuração que serão depois interpretados pela aplicação [Metaio, 2013].

Em termos de interação entre estas camadas e para se perceber de que forma comunicam e como está organizada a lógica de troca de informação entre elas, é apresentada a imagem ilustrativa de um cenário da utilização do *RealHiBook*.

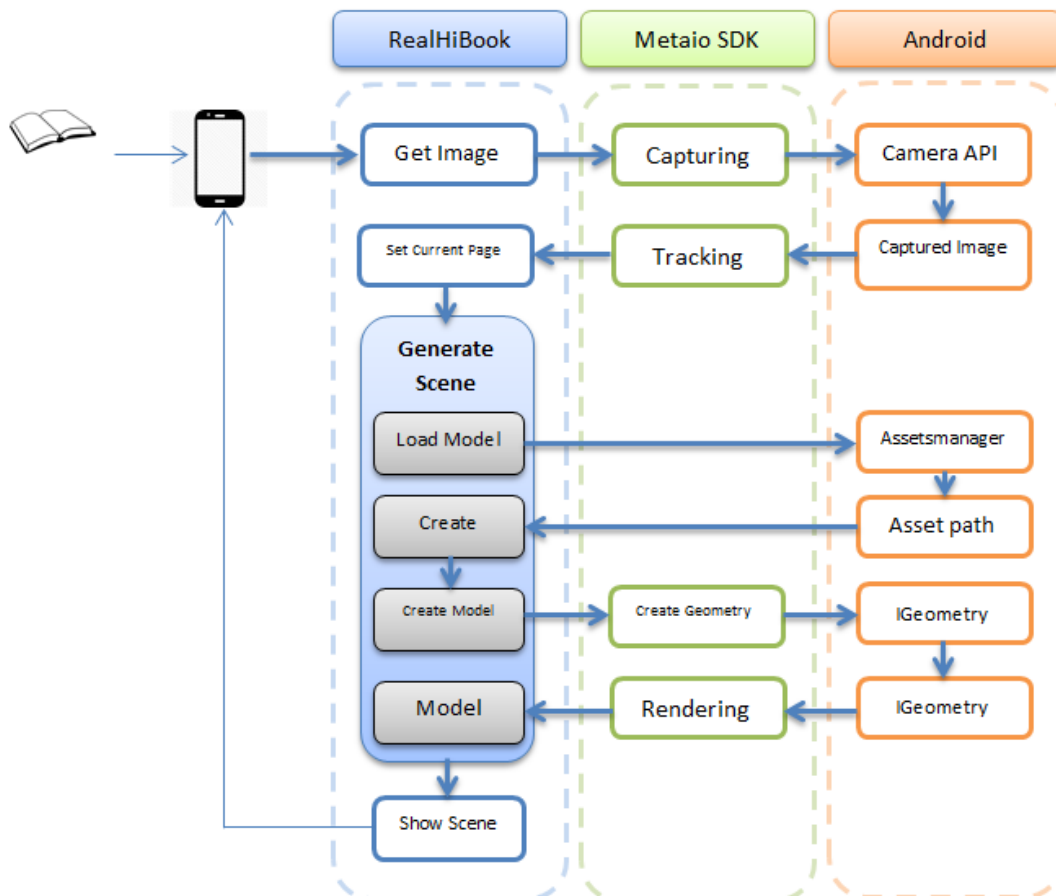


Figura 32 – Diagrama ilustrativo de um caso de uso do *RealHiBook* e interligação entre as várias camadas

Na imagem é possível ver a ligação que existe entre as várias camadas e todos os passos necessários desde a obtenção de imagem até à geração da cena e projeção no dispositivo móvel. Este é o cenário típico de utilização e de interligação entre camadas durante a utilização do protótipo desenvolvido.

4.4 Reconhecimento de padrões e códigos visuais

Durante as várias análises feitas sobre a RA e sobre algumas tecnologias e aplicações desta área, juntamente com alguns testes que foram feitos com o *Metaio* SDK, foi possível perceber que era possível utilizar vários tipos de padrões e códigos visuais com a mesma eficácia de captura e deteção. Foram feitos ensaios com padrões como imagens apenas com linhas de uma determinada cor ou com vários símbolos dispostos regularmente, todos da mesma cor e de cores diferentes, foram utilizados padrões com formas bem distintas do que se pode encontrar no ambiente em redor, semelhantes aos utilizados por exemplo pelo *Wonderbook* da *Sony* e chegou-se à conclusão que a performance e eficiência em pouco diferiam do reconhecimento de imagens mais complexas como paisagens ou fotografias.

Nesse sentido, decidiu-se utilizar imagens 2D bem ilustrativas de cada um dos temas que se queria abordar em cada página do livro, como por exemplo, na página com um mapa da Grécia, a imagem é um ícone em forma de mapa. Desta forma, utilizando este tipo de imagens, é possível enriquecer um pouco mais o livro em si e adicionar algum contexto, do que utilizando apenas padrões e códigos visuais, que por si só, não fornecem nenhum tipo de significado ao utilizador.

Estas imagens são denominadas de *targets*, e sobre cada *target* reconhecido pela aplicação é projetado um determinado modelo. Este reconhecimento e projeção são configurados no *Metaio Creator*. Nesta aplicação é possível configurar o tamanho de cada elemento visual, posições e rotações em relação à imagem *target*.

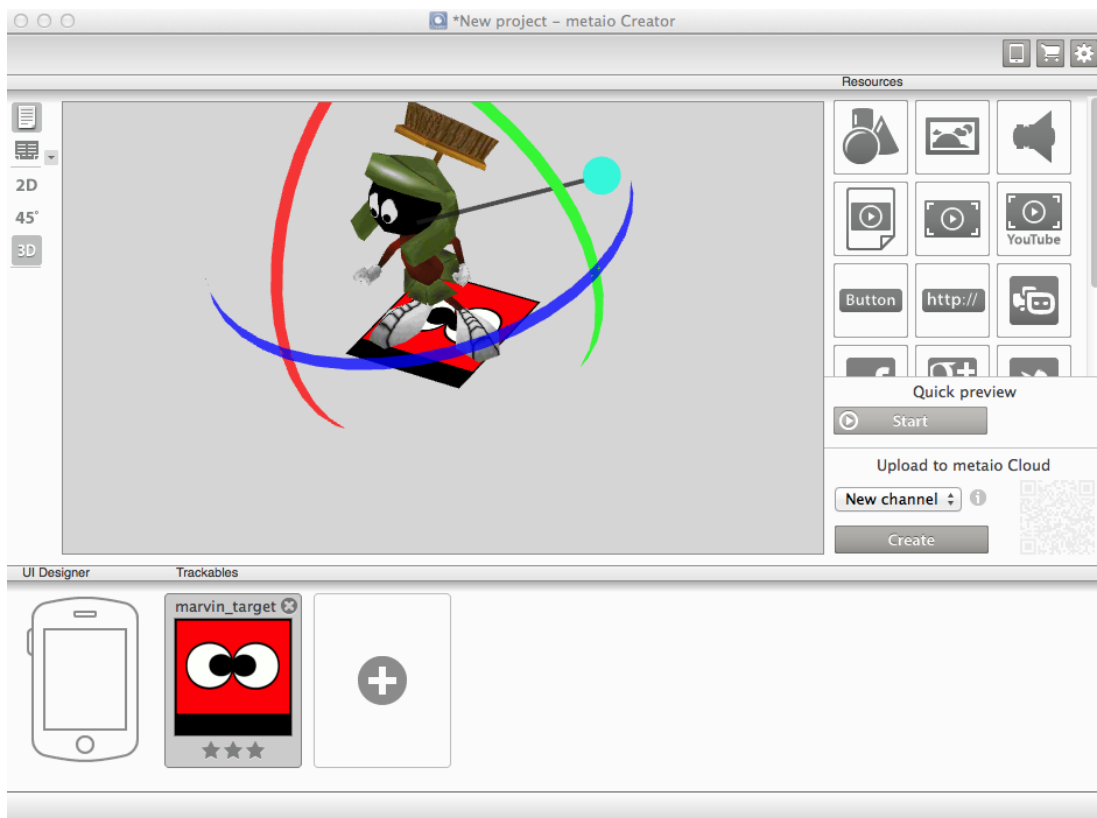


Figura 33 – Exemplo de utilização do *Metaio Creator*

O ficheiro de configuração é exportado e de seguida carregado na aplicação *RealHiBook*. Este ficheiro exportado pode ter a extensão “.zip” ou “.xml”.

```

/**
 * Método que carrega todos os tracking files
 *
 */
private void loadTrackingFile() {

    MetaioDebug.log("Start loadTrackingFiles()");

    trackingFile = AssetsManager
        .getAssetPath("Models/Marvin/TrackingData_MarkerlessFast2.xml");

    boolean result = metaioSDK.setTrackingConfiguration(trackingFile);

    MetaioDebug.log("Finish loadTrackingFiles() tracking data loaded: "
        + result);
}

```

O ficheiro importado tem várias configurações de imagens *target* e os modelos correspondentes a projetar.

O *Metaio Creator*, para além de permitir fazer este tipo de configurações, apresenta algumas funcionalidades importantes no que toca à selecção das melhores imagens para *targets*, como por exemplo, ao adicionarmos uma imagem, a aplicação informa numa escala de um a três, qual a qualidade da imagem para funcionar como *target*. Isto facilita bastante no desenvolvimento, uma vez que é possível saber à partida se a imagem irá funcionar e é a mais indicada para utilizar com o *Metaio SDK*.


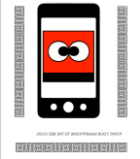


As imagens *target* estão todas armazenadas na pasta *assets* da aplicação, assim como o restante conteúdo utilizado para criar as cenas.




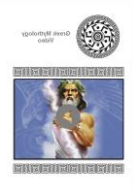




A pasta *assets* é nativa de qualquer aplicação *Android* e é utilizada para armazenar todo o tipo de ficheiros. Os ficheiros localizados nesta pasta são compilados para o ficheiro executável da aplicação gerada, o ficheiro “.apk”. É possível navegar no diretório como normalmente se faz num sistema de ficheiros utilizando os URIs e os nomes dos ficheiros. A leitura é feita através de uma classe do *Android* chamada “*AssetManager*”. É recomendada pela *Google* para armazenar texturas, imagens e dados de jogos [Google, 2013c].

Nesta pasta estão localizados todos os modelos utilizados no *RealHiBook*, ficheiros de configuração, imagens *target*, texturas, áudio, vídeo, modelos 2D e modelos 3D.

Cada *target* está configurado para uma cena, uma cena corresponde a uma página do *RealHiBook*. Na tabela seguinte podemos ver cada imagem *target* utilizada e a que cena/página corresponde.

Tabela 10 – Relação entre as imagens *target* utilizadas e a página/cena do livro

Imagem <i>target</i>	Página	Cena
	Página 1 	1
	Página 2 	2

	<p>Página 3</p> 	<p>3</p>
	<p>Página 4</p> 	<p>4</p>
	<p>Página 5</p> 	<p>5</p>
	<p>Página 6</p> 	<p>6</p>

Depois do ficheiro de configuração ter sido carregado na aplicação, a câmara do dispositivo capta a cena e o *Metaio* SDK interpreta a imagem captada e tenta fazer corresponder com algum *target* configurado. Desde a captação da imagem até à projeção do modelo correspondente no dispositivo, são percorridas 4 etapas [Metaio, 2013]:

- Capturing – Captura da imagem através da câmara do dispositivo;
- Tracking – Carregamento do ficheiro de configuração e deteção de correspondência com imagem captada;
- Sensor-interface – Seguir a imagem *target* com precisão para efeitos de reconhecimento da imagem, utilização de sensores de cada dispositivo como sensores de imagem, acelerómetros, etc.;
- Rendering – Criação e projeção do modelo 3D na cena.

A imagem seguinte mostra estas quatro fases juntamente com um sistema de otimização de *hardware* que segundo a *Metaio* tem como função aumentar a performance em determinadas fases para melhorar o tempo de resposta.

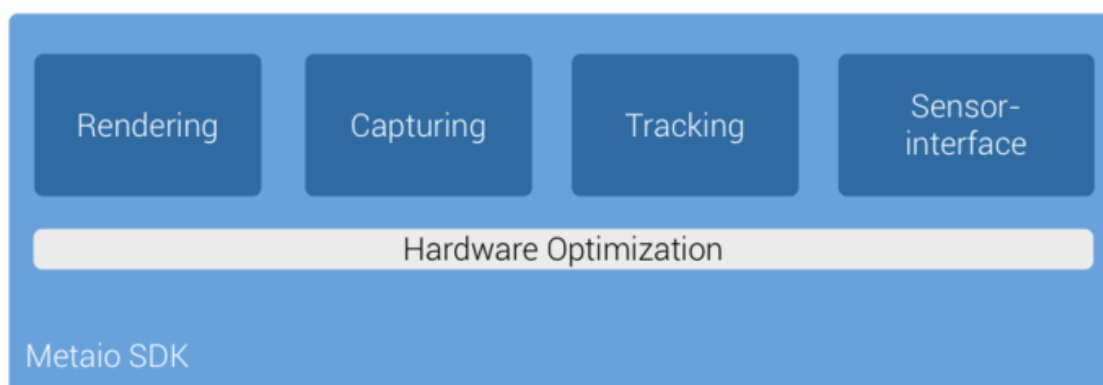


Figura 34 – Imagem ilustrativa das quatro fases de processamento do *Metaio* SDK [Metaio, 2013]

4.5 Utilização de modelos virtuais

No que toca à utilização de modelos virtuais, foram analisados sobre 2 contextos diferentes:

- Identificar que tipo de modelos poderiam ser utilizados juntamente com o *Metaio* SDK;
- Dentro dos tipos de modelos possíveis, identificar quais é que poderiam ser utilizados sob a forma de objeto de estudo e que se poderiam adaptar ao âmbito do projeto.

Em relação ao primeiro ponto, o *Metaio* SDK permite a utilização de objetos de 3 tipos diferentes, imagens 2D, vídeo e objetos 3D com animação.

- **Imagens 2D** - São os objetos mais simples de serem utilizados em sistemas de Realidade Aumentada, normalmente são fixos numa determinada posição e são bastante úteis quando se quer mostrar um descritivo de algo na cena ou um plano 2D como um mapa por exemplo. O *Metaio* SDK suporta os formatos mais comuns de imagens, ".jpg", ".png" e ".bmp". A resolução da imagem é flexível e facilmente ajustada através de métodos de ajuste de escala disponibilizados pelo próprio SDK;

Exemplo do código de criação de um objeto imagem no *RealHiBook*:

```
private IGeometry createGreeceMapModel() {  
    Log.i("createGreeceMapModel()", "Start createGreeceMapModel()");
```

```

IGeometry model = null;

String greeceMapPath = AssetsManager
    .getAssetPath(CNST_GREECE_MAP_PATH +CNST_PNG_EXTENSION);

if (greeceMapPath != null) {

    model = metaioSDK.createGeometryFromImage(greeceMapPath);

    if (model != null) {
        model.setScale(4.8f);
        model.setVisible(true);
        model.setName(CNST_GREECE_MAP);
    }
} else {
    Log.e("createGreeceMapModel()", "Error load greeceMap model: " +
        greeceMapPath);
}

Log.i("createGreeceMapModel()", "Finish createGreeceMapModel()");

return model;
}

```

- **Vídeo** - Um objeto do tipo vídeo é um objeto 2D com uma imagem mas a sua utilização é um pouco mais complexa. É necessário especificar o caminho da localização do vídeo e de seguida é sobreposto num plano 3D sobre a imagem *target* definida. O objeto vídeo é um ficheiro de vídeo completo e deve ser reproduzido *offline* em dispositivos móveis. Ao contrário das imagens, o *Metaio* SDK impõe um conjunto de pré-requisitos bem específicos para o *codec* e formato do vídeo para que a sua reprodução seja otimizada para dispositivos móveis;

Especificações:

- Compressão de vídeo: MPEG4 *codec* com formato 3G2;
- Resolução de vídeo: recomendada 176x144px @20fps;
- Compressão de áudio: AAC LC (*Advanced Audio Coding, Lossy Compression*);
- Resolução de áudio: 22050kHz *Stereo* (por exemplo, 48kbps).

No entanto, sendo por vezes complicado termos um ficheiro de vídeo que preencha exatamente estes requisitos, é possível obter no *site* da *Metaio*, aplicações que convertem ficheiros de vídeo de vários formatos para o formato suportado pelo *Metaio* SDK.

Exemplo do código de criação de um objeto vídeo no *RealHiBook*:

```

private IGeometry createMovieModel() {

    Log.i("createMovieModel()", "Start createMovieModel()");

    IGeometry model = null;

```

```

String movieModelPath = AssetsManager.getAssetPath(CNST_MOVIE_MODEL_PATH +
    CNST_PNG_EXTENSION);

String moviePath = AssetsManager.getAssetPath(CNST_MOVIE_PATH +
    CNST_AVI_EXTENSION);

if (movieModelPath != null) {

    model = metaioSDK.createGeometryFromImage(movieModelPath);

    if (model != null) {
        model.setScale(4.8f);
        model.setVisible(true);
        model.setName(CNST_MOVIE_MODEL);

        model.setMovieTexture(moviePath);
    }
} else {
    Log.e("createMovieModel()", "Error load movie model: " +
        movieModelPath);
}

Log.i("createMovieModel()", "Finish createMovieModel()");

return model;
}

```

- **Objetos 3D** - Os objetos 3D são os mais complexos de serem utilizados com o *Metaio* SDK, uma vez que existe uma grande variedade de objetos com formas e feitios que podem ser utilizados e é necessário ter em atenção ao número total de polígonos do modelo 3D, uma vez que quantos mais polígonos existirem mais qualidade terá o nosso modelo, mas também mais difícil será para o dispositivo móvel o conseguir renderizar. No caso das aplicações em tempo real, deve-se utilizar principalmente modelos *low-poly*, uma vez que aumentam o desempenho do dispositivo móvel.

Em relação aos formatos suportados pelo *Metaio* SDK, estes são:

- OBJ - objetos estáticos;
- MD2 - objetos animados;
- FBX - objetos animados.

No caso do *RealHiBook* são utilizados objetos 3D do tipo MD2, uma vez que permitem animações ao contrário dos OBJ e para além disso são considerados modelos *low-poly*, tendo uma baixa resolução e um baixo número de polígonos ao contrário dos FBX que apresentam uma resolução superior, podendo em alguns dispositivos móveis diminuir o tempo de resposta e a performance da aplicação.

Exemplo do código de criação de um objeto 3D:

```
private IGeometry createMarvinModel() {  
    Log.i("createMarvinModel()", "Start createMarvinModel()");  
    IGeometry model = null;  
    String marvinModelPath = AssetsManager  
        .getAssetPath("Models/Marvin/Marvin.md2");  
    if (marvinModelPath != null) {  
        model = metaioSDK.createGeometry(marvinModelPath);  
        if (model != null) {  
            model.setScale(4.8f);  
            model.setRotation(new Rotation(  
                new Vector3d(0.0f, -300.0f, 0.0f)));  
            model.setVisible(true);  
            model.setName(CNST_MARVIN);  
        }  
    } else {  
        Log.e("createMarvinModel()", "Error load marvin model: " +  
            marvinModelPath);  
    }  
    Log.i("createMarvinModel()", "Finish createMarvinModel()");  
    return model;  
}
```

De seguida é apresentada uma imagem resumo dos tipos de objetos e formatos suportados pelo *Metaio* SDK:

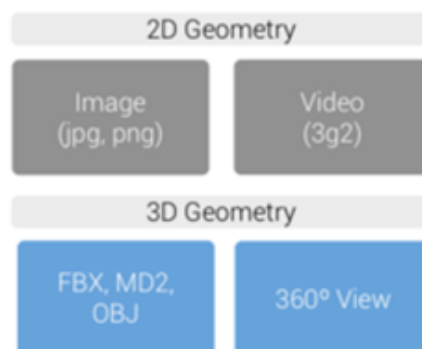


Figura 35 – Tipos de objetos e formatos suportados pelo *Metaio* SDK adaptado de [Metaio, 2013]

Em relação ao segundo ponto, foram selecionados objetos que naturalmente são suportados pelo *Metaio* SDK e que apresentam características que podem ser utilizadas no âmbito da história e da mitologia grega.

Em termos de imagens ou objetos 2D, foram utilizados pequenos textos fáceis de ler, no sentido de oferecer algum contexto a cada uma das cenas, como por exemplo, a introdução que é feita à Grécia Antiga, e também através do mapa da Grécia, onde é utilizada uma imagem para que o utilizador se possa situar e perceber como estava organizada naquela altura, a região da Grécia Antiga, cidades e países vizinhos.

Optou-se também pela utilização de um modelo em formato vídeo que faz um pequeno resumo sobre a mitologia grega em que o próprio grafismo, narrativa e abordagem teórica do vídeo se enquadram no âmbito do projeto como conteúdo de estudo e aprendizagem.

Em todas as páginas/cenas do *RealHiBook* é utilizado um modelo 3D, o *Marvin*, que tem, como já foi referido, a função de guiar e interagir com o utilizador ao longo do processo de aprendizagem durante a utilização do livro.

4.6 Interação com o utilizador

Um dos pontos que se traduz como uma mais-valia e que permite definir, quer por parte do utilizador, quer por parte de quem desenvolveu, a qualidade e finalidade adequada da aplicação final, é sem dúvida a interação com o utilizador.

Desde o início do projeto que a interação sempre foi uma preocupação a ter em conta. A facilidade de interação que a aplicação oferece irá refletir-se na experiência final do utilizador.

A experiência do utilizador, é composta por um fluxo de emoções, ou seja, apresenta uma natureza dinâmica. Segundo [Roto et al., 2011] a experiência foca-se em quatro intervalos temporais em que a perceção se vai alterando, antes da utilização, durante, após, e utilização ao longo do tempo.

Tendo em conta este fluxo de sentimentos e de aprendizagem sobre a aplicação, foram adicionados alguns aspetos que se enquadram com estas fases.

Antes da utilização - A criação do próprio livro em formato papel foi feita com algum cuidado, para que logo nessa fase o utilizador possa ter uma ideia de como será a aplicação, o visual do livro é muito semelhante ao utilizado na aplicação e até as imagens foram escolhidas tendo em conta o âmbito e o conteúdo apresentado na aplicação, fazendo com que, na fase anterior à utilização, a pessoa consiga antecipar e imaginar a experiência, sendo o resultado final muito semelhante ao imaginado.

Durante a utilização - Nesta fase, a experiência é momentânea e normalmente de curta duração, mas é também nesta fase que o utilizador começa a criar uma imagem real, a explorar e a sentir-se mais à vontade com a aplicação, e para que esta tarefa seja facilitada e

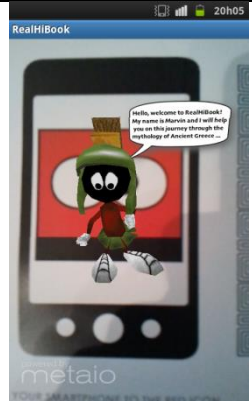
seja uma experiência positiva, foi adicionado o tal modelo 3D que funciona como guia e ao mesmo tempo narrador, para além disso a funcionalidade de navegar no livro em formato papel e a aplicação acompanhar em tempo real a cena respetiva, permite que o utilizador tenha liberdade para explorar e para definir o seu próprio tempo de aprendizagem.

Após a utilização - Na terceira fase o utilizador faz uma análise à utilidade e usabilidade da aplicação recorrendo a memórias sobre aquilo que experienciou, por esta razão foi necessário criar conteúdo educativo relevante e de certa forma "marcante" que fizesse com que a experiência fosse recordada com facilidade e que seja interpretada como experiência de carácter positivo e enriquecedor. Por esta razão foram utilizados vários modelos, sobre várias formas e com diversas interações, como objetos 2D e 3D, animações, áudio, vídeo e questões mantendo sempre o mesmo âmbito claro, mas que ficassem de certa forma na memória do utilizador.

Utilização ao longo do tempo - Nesta última fase o utilizador, já tendo alguma experiência com a aplicação, apresenta sensações de segurança, conforto e a relação de confiança com o produto é valorizada. A aplicação é vista como um todo e por esta razão todo o conteúdo apresentado tem uma sequência lógica e bem definida fazendo com que o utilizador consiga identificar o contexto e o objetivo final da aplicação.

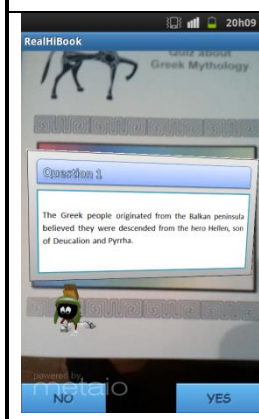
De seguida são apresentados alguns exemplos de interações que a aplicação permite:

Tabela 11 – Exemplos de algumas interações do utilizador com a aplicação

Ecrã	Interação
	<p>A aplicação apresenta o <i>Marvin</i> que irá guiar o utilizador por toda a experiência. Interação da aplicação através de áudio e imagens, o utilizador consegue visualizar a cena que pretende ao mover o dispositivo.</p>



Na página do vídeo sobre a mitologia grega, o utilizador pode optar pela reprodução do vídeo ao clicar sobre o objeto ou prosseguir para outra página.



Na página do *quiz* o utilizador é confrontado com algumas perguntas sobre a mitologia grega. Para interagir com a aplicação e responder a cada pergunta basta premir o botão com a resposta pretendida.

5 Testes e recolha de resultados

Neste capítulo são apresentados alguns testes efetuados à aplicação e é feita uma análise aos resultados obtidos.

5.1 Avaliação da aplicação

Em relação à avaliação da aplicação, decidiu-se avaliar através de dois tipos de testes diferentes, testes de desenvolvimento e testes qualitativos.

Nos testes de desenvolvimento a aplicação foi testada pelo autor em tempo de desenvolvimento no sentido de eliminar erros e otimizar funcionalidades, para além disso foram analisados tempos de resposta e a performance da aplicação para garantir uma utilização eficiente e relativamente rápida.

Em relação aos testes qualitativos, estes tiveram como objetivo avaliar a aplicação quanto à sua qualidade e quanto à satisfação do utilizador final. Estes testes são bastante importantes porque a partir da sua análise podemos tirar conclusões em relação à facilidade de utilização, utilidade, interação, satisfação em relação à tecnologia de RA, e a sua aplicabilidade no futuro do ensino em dispositivos móveis.

Testes de desenvolvimento

Nos testes de desenvolvimento foram obtidos tempos de resposta da aplicação em dois casos diferentes:

- Renderização do modelo 3D animado, *Marvin*;
- Mudança de página e renderização do modelo seguinte.

Foram escolhidos estes dois casos específicos, por duas razões, no primeiro porque foi necessário perceber o tempo máximo de resposta da aplicação a detetar e projetar no dispositivo móvel, o modelo mais complexo que está a ser utilizado no *RealHiBook*, que é o modelo 3D. No segundo porque é de extrema importância que a navegação entre páginas e a renderização da próxima cena sejam relativamente rápidas.

Para se proceder à recolha destes tempos, foi preparado um cenário ótimo de testes, ou seja, alguns aspetos como a iluminação, tamanho das imagens *target*, distância e ângulo do dispositivo em relação ao livro, foram tidos em conta para que os tempos recolhidos fossem o mais precisos possível com a mínima margem de erro. Foram colocados *logs* no código da aplicação em sítios específicos para se puder efetuar estas medições. Os tempos englobam todo o processamento desde a captura à renderização dos modelos.

Especificações do cenário ideal:

Resolução média da imagem *target* – 10.5 cm de largura x 3.5 cm de altura;

Luminosidade – Boa fonte de luz direta sem sobreposição de sombras nas imagens;

Altura do dispositivo em relação ao livro – 17 cm;

Ângulo da câmara em relação ao livro – 180° (dispositivo paralelo ao livro).

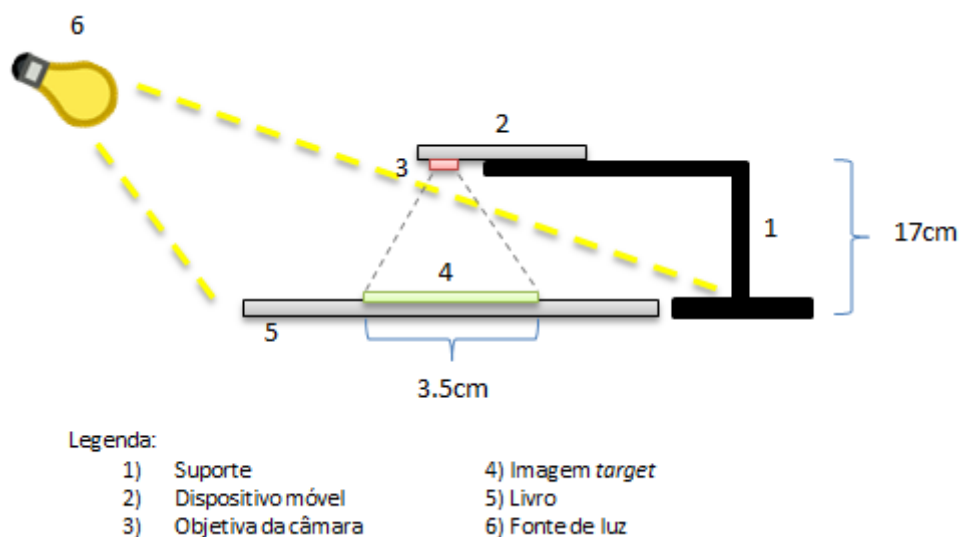


Figura 36 – Imagem ilustrativa do cenário de testes

Registo de tempos para os cenários de teste, renderização do modelo 3D animado, *Marvin* e mudança de página com a renderização do modelo seguinte:

Tabela 12 – Registo de tempos de resposta da aplicação *RealHiBook*

Teste	Teste 1 – Modelo 3D tempo [ms]	Teste 2 – Navegação entre páginas tempo [ms]
1	8	398
2	27	403
3	4	437
4	8	496
5	137	457
6	78	688
7	211	434
8	62	426
9	20	395
10	8	426
Média	56,3	456

Depois da recolha dos tempos é possível verificar que a aplicação *RealHiBook*, demora em média 56,3ms a renderizar o modelo mais complexo que utiliza e cerca de 456ms para detetar a mudança de página e renderizar a nova cena. Os tempos recolhidos são bastante satisfatórios e mostram que a aplicação tem uma boa velocidade de resposta.

De notar que estes testes foram feitos num cenário ideal, com a distância correta a que o dispositivo deve estar, na posição certa para que mal a imagem seja capturada esta seja imediatamente reconhecida pelo *Metaio* SDK, com as condições de luz ideais, com um suporte para evitar movimentos do dispositivo e para além disso, os *logs* que ajudaram a obter os tempos estavam colocados no local exato para calcular o tempo desde a captura até ao momento em que o objeto é renderizado. Durante a utilização “normal” da aplicação, sem termos esta exatidão é muito fácil que estes tempos aumentem, no entanto, através dos resultados obtidos é possível perceber que a velocidade de resposta da aplicação será bastante satisfatória mesmo em condições menos ideais.

Testes qualitativos

Para os testes qualitativos foi criado um questionário para permitir que os utilizadores avaliassem a aplicação *RealHiBook*.

O questionário é composto por dez perguntas de escolha múltipla. As perguntas são bastante diretas e recaem essencialmente sobre dois âmbitos de avaliação. Um âmbito específico sobre a aplicação em si, e outro âmbito mais genérico ligado diretamente à RA.

O grupo de utilizadores que testaram a aplicação é bastante heterogéneo, compreendido numa faixa etária entre os 17 e 57 anos de idade e com habilitações literárias entre o 11º ano e o ensino superior.

Com este inquérito tentou-se perceber o nível de satisfação de cada utilizador individualmente, assim como a facilidade ou dificuldades que sentiu ao utilizar a aplicação. Analisando as respostas do grupo como um todo tentou-se perceber tendências, preferências e dificuldades em comum para identificar pontos de melhoria e pontos fortes que devem ser considerados no caso deste tipo de aplicações serem lançadas para o público em geral.

5.2 Análise de resultados e experiência do utilizador

As imagens seguintes apresentam um gráfico com o resultado de cada uma das perguntas feitas aos dez utilizadores inquiridos.

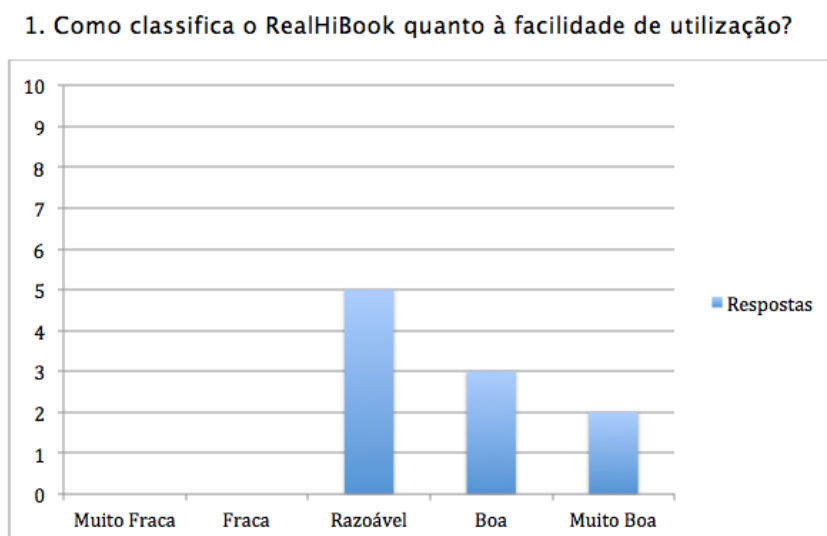


Figura 37 – Gráfico com as respostas da pergunta 1

Na primeira pergunta o utilizador é questionado acerca da facilidade de uso da aplicação, se considera que a aplicação é relativamente fácil de usar ou não. As respostas são satisfatórias sendo que metade dos inquiridos considera a facilidade de uso razoável mas a outra metade considera que a facilidade de utilização vai de boa a muito boa, sendo esta aplicação vista como simples de utilizar.

2. Como classifica o RealHiBook quanto à navegação entre páginas?

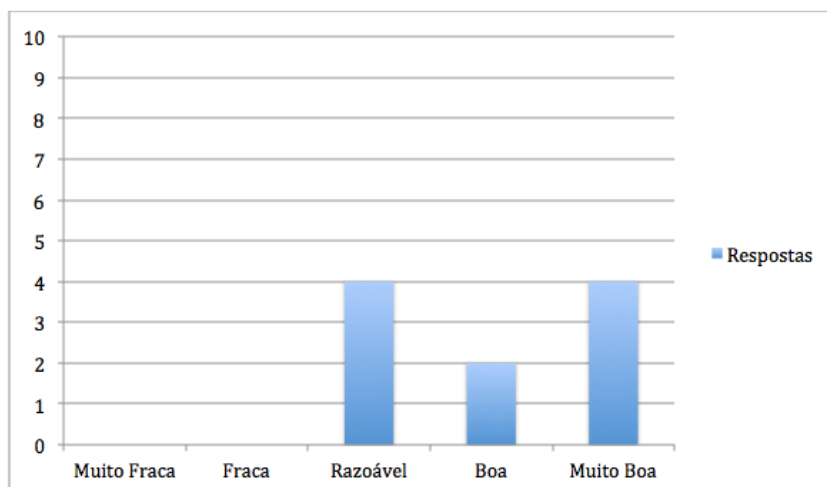


Figura 38 – Gráfico com as respostas da pergunta 2

A navegação entre páginas foi vista como uma funcionalidade de caráter importante no desenvolvimento do projeto. Bastante esforço foi despendido para tornar esta navegação rápida e a detecção de nova página eficiente. Para além dos resultados do inquérito se revelarem satisfatórios pois existem seis respostas que consideram esta funcionalidade de boa a muito boa, existem quatro pessoas que a acham razoável. Alguns utilizadores fizeram observações e comentaram esta funcionalidade e em análise, verificou-se que em alguns casos o dispositivo utilizado não tinha a mesma capacidade de processamento que outros dispositivos utilizados por outras pessoas, e que em alguns casos bastou alterar a fonte de luz para uma mais forte ou mais clara para que se verificasse algumas melhorias nos testes a esta funcionalidade. Em resumo, o dispositivo móvel utilizado pode influenciar a velocidade de resposta e a luminosidade, como já tinha sido referido, também pode provocar algumas dificuldades na utilização. No entanto, e depois da análise às respostas dadas, considera-se que a navegação entre páginas está muito bem conseguida e revelou ser capaz de cumprir o objetivo proposto.

3. Como classifica o RealHiBook em relação à interação com o utilizador?

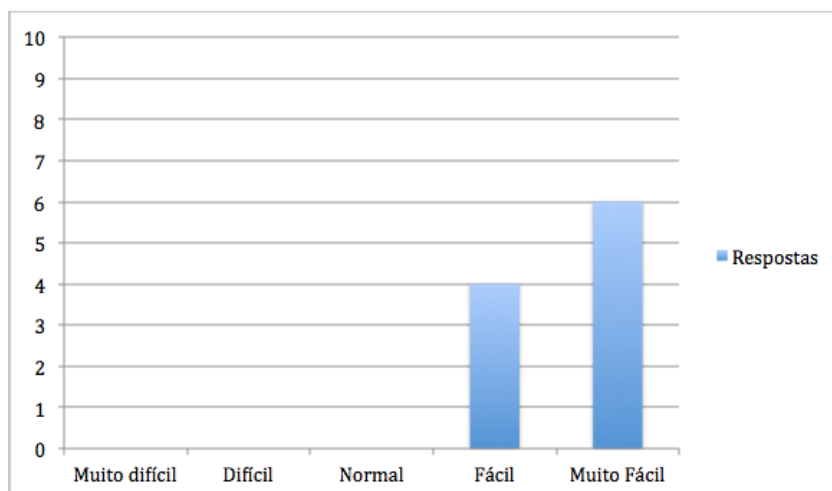


Figura 39 – Gráfico com as respostas da pergunta 3

Quanto à terceira pergunta pretendia-se saber se a interação com o utilizador estava bem conseguida e se era bem interpretada, também esta, uma funcionalidade considerada umas das mais importantes e alvo de muitas análises e estudos ao longo deste projeto. De salientar que todas as respostas estão entre uma utilização fácil a muito fácil.

4. Como classifica o RealHiBook quanto à velocidade de resposta, o conteúdo aparece rapidamente?

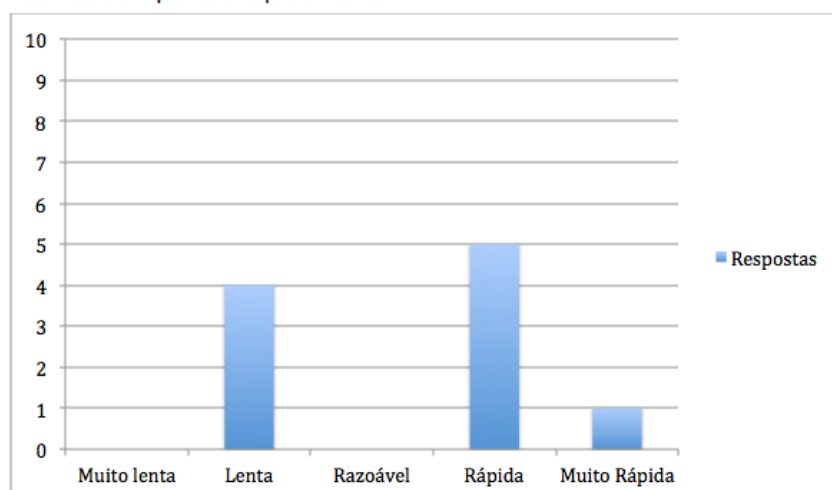


Figura 40 – Gráfico com as respostas da pergunta 4

Nesta pergunta os utilizadores eram questionados quanto à velocidade de resposta da aplicação. Foram feitos testes de desenvolvimento para se ter uma noção da capacidade de resposta num cenário ideal, testes esses que foram bastante esclarecedores e que permitiram verificar que a velocidade de resposta era bastante rápida. Contudo, era necessário perceber, se em cenários mais comuns, a velocidade de resposta era aceitável. Os resultados mostram que existiram algumas respostas que indicam que a aplicação é lenta, mas na maioria consideram que a aplicação é rápida e até muito rápida. Em alguns casos e devido a problemas de luminosidade ou de alguma movimentação ou oscilação do dispositivo pode realmente provocar problemas no reconhecimento das páginas, mas a nível geral a aplicação apresenta um tempo de resposta muito aceitável.

5. Sente segurança e sabe o que fazer quando utiliza a aplicação?

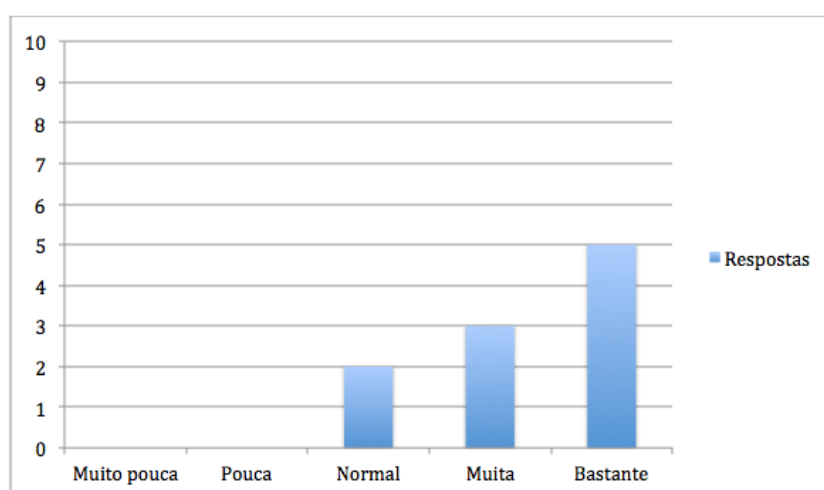


Figura 41 – Gráfico com as respostas da pergunta 5

Em relação a esta pergunta, foi questionado se o utilizador tinha um sentimento de segurança ao usar a aplicação, ou seja, se sentia que podia interagir sem problemas, sem receio da ocorrência de erros, se sentia liberdade para explorar e se tinha a noção de como avançar ou retroceder sem se sentir bloqueado e limitado.

As respostas mostram que a questão da segurança não se manifestou um problema e que todos os inquiridos se sentiram seguros e confiantes durante a utilização da aplicação.

6. Qual o grau de importância que dá ao objeto 3D animado, Marvin, que o guia pela aplicação?

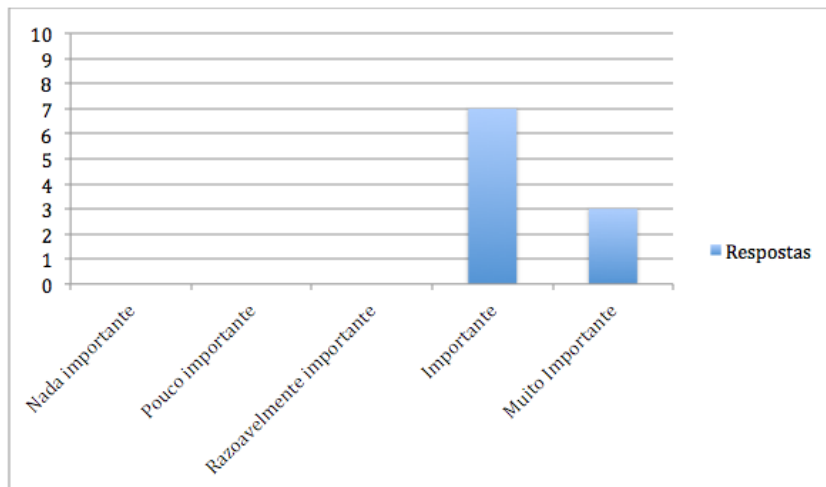


Figura 42 – Gráfico com as respostas da pergunta 6

Esta pergunta está relacionada com o *Marvin*, o objeto 3D animado que tem a função de guiar o utilizador pela aplicação. Pelas respostas recolhidas é simples perceber que é considerada importante a sua inclusão neste tipo de contexto. A apresentação de um objeto interativo que permite à pessoa, ao mesmo tempo explorar mas também sentir que em caso de dúvidas tem o auxílio de um guia, faz com que o sentimento de segurança falado na pergunta anterior, também aumente e se manifeste como um fator positivo, melhorando a experiência e o processo de aprendizagem, visto que a informação é facilmente retida.

7. Considera o conteúdo educativo da aplicação adequado ao tema história e mitologia da Grécia Antiga?

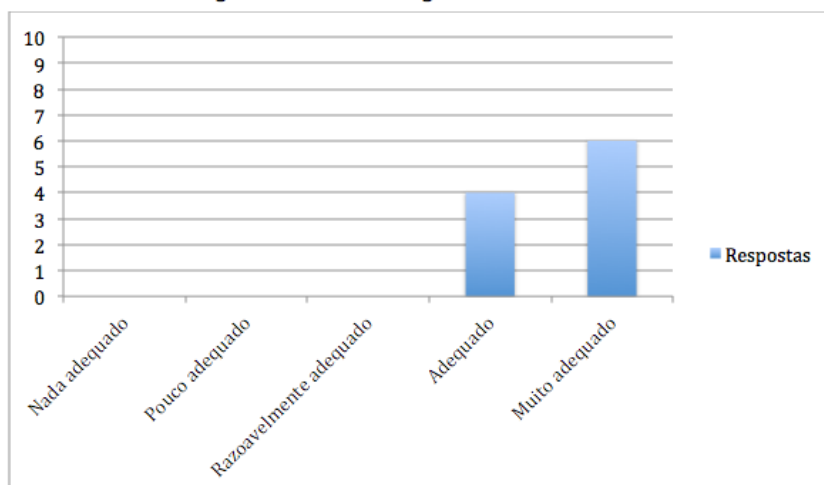


Figura 43 – Gráfico com as respostas da pergunta 7

Na pergunta sete os utilizadores foram questionados se o conteúdo educativo apresentado é adequado ao tema história e mitologia da Grécia Antiga. Esta questão tem o objetivo de se perceber, se o conteúdo é pertinente, interessante e educativo dentro do tema em questão. As respostas foram muito unânimes e o conteúdo é considerado adequado, componente importante num projeto deste tipo e com o objetivo de transmitir informação e conhecimento.

8. Considera a utilização da realidade aumentada como um facilitador para o processo de aprendizagem?

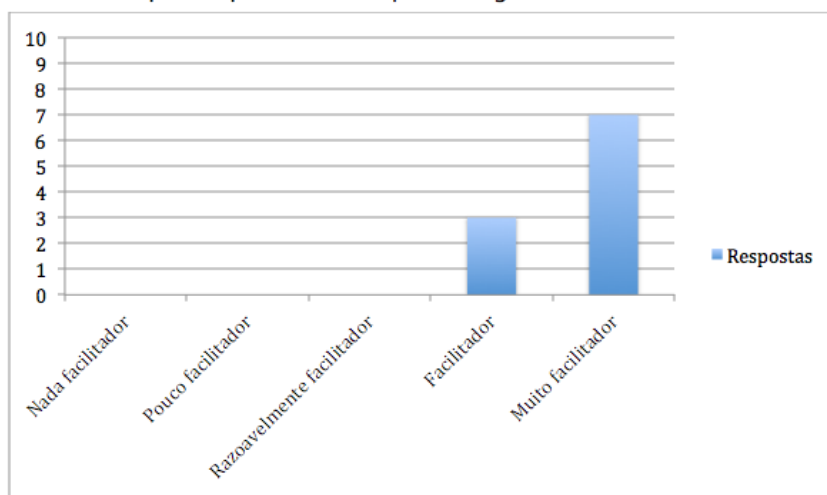


Figura 44 – Gráfico com as respostas da pergunta 8

Neste caso os inquiridos são interrogados se a utilização da Realidade Aumentada é um facilitador no processo de aprendizagem. As respostas são bastante claras e mostram que sim, que é considerada uma tecnologia facilitadora no processo de aprendizagem, pela forma como cativa e motiva o utilizador a experimentar e a se envolver com a aplicação. Esta questão é também uma das principais desta tese e vista como bastante importante na criação do modelo de aprendizagem pretendido.

9. Considera que este tipo de aplicação tem potencialidade para melhorar o ensino e aprendizagem através de dispositivos móveis?

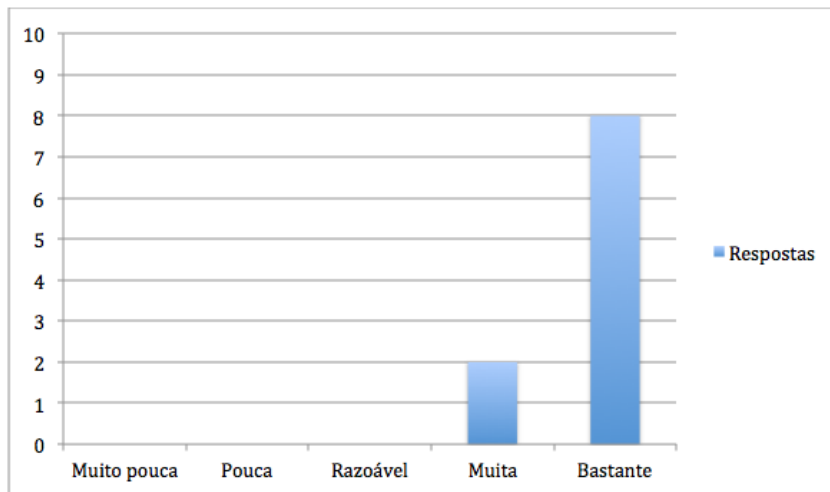


Figura 45 – Gráfico com as respostas da pergunta 9

Esta pergunta está muito relacionada com a anterior, com a utilização deste tipo de aplicações para melhorar o ensino e aprendizagem através de dispositivos móveis. As respostas são naturalmente muito semelhantes às respostas da pergunta anterior e bastante animadoras para o futuro de aplicações nesta área.

10. Qual foi a sua classificação no *quiz* final da aplicação?

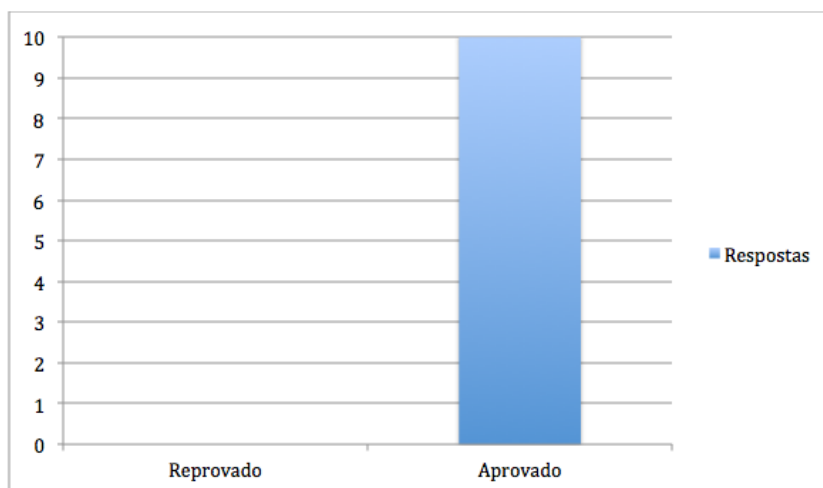


Figura 46 – Gráfico com as respostas da pergunta 10

Na última questão apenas é perguntado se o utilizador ficou aprovado ou não no *quiz* final da aplicação. Esta pergunta permite analisar se realmente os utilizadores aprenderam alguma coisa nova ao utilizarem a aplicação. Todos os inquiridos foram aprovados, o que significa que

a aplicação cumpriu o seu propósito como aplicação de recursos educativos num dispositivo móvel. De notar que as perguntas efetuadas não eram de cultura geral e mencionavam conceitos e contextos que apenas podiam ser identificados se tivessem utilizado a aplicação.

6 Conclusões

Neste capítulo são apresentadas as conclusões finais do projeto, são respondidas as questões levantadas no início do estudo e é delineado um modelo de orientação no desenvolvimento de aplicações para dispositivos móveis na área do ensino. Para além das conclusões finais é feito um breve resumo do futuro da Realidade Aumentada.

6.1 Conclusões do projeto

No início deste estudo foi formulada uma pergunta chave que depois das várias análises efetuadas, da criação de uma aplicação móvel com recursos educativos, depois dos testes realizados e avaliações recolhidas, é possível ser respondida.

A pergunta chave recai sobre a viabilidade do desenvolvimento de recursos educativos de características interativas para plataformas móveis e se é possível a criação de um modelo que facilite a aprendizagem nestes moldes.

Depois de todo o trabalho desenvolvido, é possível afirmar que sim, que é possível a criação deste tipo de aplicação e que é possível aliar um modelo de ensino que funciona como uma *guideline* para o desenvolvimento com sucesso de futuras aplicações na área da educação.

Outras questões importantes levantadas no início deste estudo foram também respondidas, nomeadamente:

- **Já existem aplicações semelhantes e com o mesmo tipo de recursos?**

Existem algumas aplicações desenvolvidas na área da educação e em muitas outras áreas como a medicina, área militar, etc., mas não foi encontrada nenhuma específica no âmbito do ensino diretamente ligada ao tema história. No entanto este tipo de aplicações utilizando a RA estão a ser cada vez mais utilizadas e existem cada vez mais projetos desenvolvidos nesta área com o intuito de promover a evolução e a inovação.

- **Que funcionalidades utilizadas noutras aplicações existentes podem ser aplicadas neste projeto?**

Para ser possível responder a esta questão foram estudadas algumas plataformas existentes no mercado, que são consideradas inovadoras e que têm em comum a forte utilização da RA e a interação com o utilizador. Essas plataformas foram estudadas no capítulo 2.3 *Google Glass* e no capítulo 2.4 *Wonderbook*. Destas análises foram retiradas algumas ideias e noções dos melhores cenários de utilização da RA e como interagir com o utilizador, tendo contribuído para o desenvolvimento do *RealHiBook*.

- **Quais são as características que tornam uma aplicação móvel apelativa para o utilizador?**

Estas características foram estudadas no capítulo 2.2 Experiência do utilizador e expectativas e comprovadas pela análise aos testes de avaliação respondidos pelo grupo de indivíduos sobre a aplicação *RealHiBook*. Estas características são as já mencionadas ao longo desta tese, como por exemplo, a facilidade de utilização, a interação simples com a aplicação, os instrumentos e recursos que permitem uma navegação simples e sentimento de segurança satisfatório e também, a motivação acrescida que o utilizador sente ao experimentar aplicações que fazem uso da RA.

- **Quais os tipos de interação com a aplicação que os utilizadores preferem e que ao mesmo tempo potenciam a aprendizagem?**

Esta questão foi respondida aquando dos estudos mencionados no capítulo 2, onde se pode identificar que tipos de interação são preferíveis, ou seja, aqueles com que o utilizador se sente mais à vontade e melhoram a utilização do sistema. Esses estudos foram depois cruzados com a análise feita aos resultados dos testes de avaliação da aplicação e podemos concluir que aliando as interações preferíveis com as respostas recolhidas, existe uma relação entre a forma como a interação pessoa-máquina é feita e o aumento dos níveis de aprendizagem e retenção de informação.

- **Qual a utilidade da Realidade Aumentada aplicada à aprendizagem em dispositivos móveis?**

Esta questão está muito relacionada com as questões anteriores, mas sem dúvida que a RA ajuda na aprendizagem. Esta tecnologia promove a forma como o utilizador encara a aplicação e o carácter educativo que lhe está inerente. É capaz de surpreender o utilizador e faz com o que seu interesse e curiosidade, quando deparado com um cenário real misturado com objetos virtuais, aumente e se envolva com a aplicação e conseqüentemente com o seu conteúdo.

- **Que ferramenta e que tipos de *software* são possíveis de utilizar para a criação deste tipo de projetos?**

Foram analisados vários *softwares* no capítulo 3.5 que permitem a utilização da RA em dispositivos móveis. É de realçar que existem bastantes ferramentas livres que permitem a criação deste tipo de aplicações com muito potencial praticamente sem custos e com fácil distribuição no mercado. Existe já muita documentação *online* disponível e muitos fóruns com experiências e ajuda de vários programadores nesta área. A escolha da ferramenta utilizada para este projeto está documentada no capítulo 4 que fala sobre toda a implementação realizada.

Modelo de desenvolvimento de aplicações móveis no ensino

O modelo proposto deriva de todo o estudo desenvolvido ao longo desta tese e que foi preponderante para perceber os passos mais importantes que se devem ter em conta durante o desenvolvimento de uma aplicação móvel ligada ao ensino.

De seguida são mencionados os principais pontos que servem como linha de orientação na criação de um projeto deste tipo:

- Identificação do tema a abordar;
- Identificação do público-alvo;
- Pesquisa e análise de informação relevante e conteúdo relacionado com o tema;
- Estratégia, definição da informação e conteúdos a serem apresentados;
- Criação de um esboço ilustrativo do conteúdo educativo a ser apresentado;
- Definir se no final da aplicação o utilizador deverá ser sujeito a um teste sobre o conteúdo abordado (ponto importante na avaliação do processo de aprendizagem);
- Definir para que plataforma ou plataformas móveis será disponibilizada a aplicação;
- Estudo e análise das ferramentas a utilizar na implementação;
- Definição das interações e da navegação a utilizar;
- Criação das formas de apresentação e dos modelos que vão ser usados (imagens, vídeo, áudio, modelos 3D);
- Definir se os modelos serão obtidos por conexão à internet ou se estarão no dispositivo móvel (ponto importante visto que os acessos à internet num dispositivo móvel podem não ser possíveis ou estarem limitados por gastos monetários associados);
- Implementação do projeto;
- Testes de desempenho e performance;
- Publicação/distribuição da aplicação final.

No caso de se pretender aplicar a RA ao projeto existem mais alguns pontos a ter em conta para além dos já anteriormente mencionados:

- Identificar que tipo de objetos/modelos de RA vão ser utilizados na aplicação;
- Pesquisa e análise de ferramentas de desenvolvimento em RA para a plataforma ou plataformas pretendidas;
- Análise de códigos visuais a utilizar;
- Definir como incorporar os objetos de RA ao cenário real (os objetos deverão interligar-se com os restantes objetos da cena de forma a não se tornarem demasiado intrusivos).

Todos os pontos referidos constituem linhas de orientação que permitem de certa forma perceber e começar do zero a implementação de um projeto relacionado com o ensino, vocacionado para dispositivos móveis. No entanto, todo o trabalho elaborado ao longo desta tese pode ser consultado neste documento e serve como auxílio e como objeto orientador no desenvolvimento de um projeto desta natureza.

No âmbito geral, a aplicação desenvolvida satisfaz os requisitos pretendidos e mostra-se como uma ferramenta que pode ajudar no ensino e interiorização de conhecimento a qualquer pessoa sobre a história e mitologia da Grécia Antiga.

A nível prático demonstrou capacidade de despertar o interesse por parte dos utilizadores que a experimentaram e de melhorar a forma como vêm este tipo de projetos e a utilização da RA em projetos futuros.

6.2 Considerações e trabalho futuro

Este projeto pode ser visto também como apoio à criação de novos projetos nesta área e como fonte de informação para análises e investigações futuras no âmbito do ensino nas aplicações e móveis.

Como trabalho futuro é possível melhorar alguns aspetos menos bons deste tipo de projetos como por exemplo:

- Melhorar os modelos utilizados para os tornar cada vez mais reais, principalmente os modelos 3D;
- Aumentar a interatividade com os objetos virtuais;
- Aumentar o número de objetos e adicionar mais conteúdos educativos;
- Melhorar a captação e reconhecimento das imagens *target*;
- Permitir o *tracking* de mais do que um objeto por cena.

A utilização deste tipo de aplicações na aprendizagem, como foi possível verificar, apresenta-se como um forte componente que pode ser utilizado nos sistemas de aprendizagem no futuro. A RA manifesta-se positivamente pela forma como é capaz de aumentar a interação e acima de tudo a motivação dos alunos.

É uma área em crescimento e com uma grande margem de progressão, seremos nós e as novas gerações que terão que fazer este trabalho e tornar a RA cada vez mais uma realidade no nosso dia-a-dia.

Referências

- [Arhippainen and Tähti, 2003] Arhippainen L., Tähti M. Empirical evaluation of user experience in two adaptive mobile application prototypes. Proceedings of MUM'03. ACM Press, p. 27-34.
- [Azuma, 1993] Azuma T. Tracking requirements for augmented reality. *Communications of the ACM* 36(7), p. 50-51.
- [Azuma, 1994] Azuma T., Gary B. Improving Static and Dynamic Registration in a See-Through HMD. Proceedings of SIGGRAPH '94 (Orlando, FL, 24-29 July 1994). In Computer Graphics, Annual Conference Series, 1994, p. 197-204.
- [Azuma, 1995a] Azuma T. Predictive Tracking for Augmented Reality. Ph.D. dissertation. UNC Chapel Hill Department of Computer Science technical report TR95-007 (February 1995).
- [Azuma, 1995b] Azuma T., Gary B. A Frequency-Domain Analysis of Head-Motion Prediction. Proceedings of SIGGRAPH '95 (Los Angeles, CA, 6-11 August 1995). In Computer Graphics, Annual Conference Series, 1995, p. 401-408.
- [Azuma, 1997] Azuma T. A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments* 6(4):355-385.
- [Billinghurst, 2002] Billinghurst M. et al. The MagicBook - Moving Seamlessly between Reality and Virtuality. *Computer Graphics and Applications*, 2001. 21(3), p. 2-4.
- [Billinghurst, Kato & Myojin, 2009] Billinghurst M., Kato H., Myojin S. Advanced interaction techniques for augmented reality applications. Proceedings of VMR'09. Springer-Verlag, p. 13-22.
- [Blanco, 1999] Blanco E. A comunicação interactiva. *Revista Portuguesa de Educação*, 12(2), p. 105-107.
- [Braga, 2001] Braga M. "Realidade Virtual e Educação". *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, ISSN 1519-5228, Volume 1, Número 1.
- [Brooks, 1996] Brooks Frederick P. Jr. The Computer Scientist as Toolsmith II. *CACM* 39, 3 (March 1996), p. 61-68.
- [Clarkson, 2008] Clarkson P. Human capability and product design. In: Schifferstein HNJ & Hekkert P (eds.) *Product Experience*. Elsevier, p. 165-198.
- [Deering, 1992] Deering M. High Resolution Virtual Reality. Proceedings of SIGGRAPH '92 (Chicago, IL, 26-31 July 1992). In *Computer Graphics* 26, 2 (July 1992), p. 195-202.
- [Delors, 1999] Delors J. (org.) *Educação, um tesouro a descobrir. Relatório para a Unesco da Comissão Internacional sobre Educação para o século XXI*. São Paulo: Cortez; Brasília, DF: MEC; Unesco, 1999.
- [Desmet and Hekkert, 2007] Desmet P., Hekkert P. Framework of product experience. *International Journal of Design* 1(1): p. 57-66.
- [Dias, 2000] Dias P. Hipertexto, hipermédia e media do conhecimento: Representação distribuída e aprendizagens flexíveis e colaborativas na Web. *Revista Portuguesa de Educação*, 13(1), p. 141-167.
- [Doenges, 1985] Doenges K. Overview of Computer Image Generation in Visual Simulation. SIGGRAPH '85 Course Notes #14 on High Performance Image Generation Systems (San Francisco, CA, 22 July 1985).
- [Fishkin, 2004] Fishkin P. A taxonomy for and analysis of tangible interfaces.

- [Foley et al., 1990] Personal and Ubiquitous Computing 8(5): p. 347-358.
Foley D., Andries van Dam, Steven F., John H. Computer Graphics: Principles and Practice (2nd edition). Addison-Wesley (1990).
- [Forlizzi and Ford, 2000] Forlizzi J., Ford S. The building blocks of experience: an early framework for interaction designers. Proceedings of DIS'00. ACM Press, p. 419-423.
- [Forlizzi and Battarbee, 2004] Forlizzi J., Battarbee K. Understanding experience in interactive systems. Proceedings of DIS'04. ACM Press, p. 261-268.
- [Gomes, 2003] Gomes J. Gerações de inovação tecnológica no Ensino à Distância. Revista Portuguesa de Educação, 2003, 16(1), p. 137-156.
- [Hartmann et al., 2008] Hartmann J., Sutcliffe A., De Angeli A. Towards a theory of user judgment of aesthetics and user interface quality. Transactions of Computer-Human Interaction 15(4): p. 30.
- [Hassenzahl, 2003] Hassenzahl M. The thing and I: understanding the relationship between user and product. In: Blythe M, Monk AF, Overbeeke K, Wright P (eds.) Funology: from usability to enjoyment. Kluwer, p. 31-42.
- [Hassenzahl, 2008] Hassenzahl M. User experience (UX): towards an experiential perspective on product quality. Proceedings of IHM'08, vol. 339. ACM Press, p. 11-15.
- [Hassenzahl and Tractinsky, 2006] Hassenzahl M., Tractinsky N. User experience – a research agenda (Editorial). Behavior & Information Technology 25(2): p. 91-97.
- [Hassenzahl et al., 2010] Hassenzahl M., Diefenbach S., Göritz A. Needs, affect, and interactive products – Facets of user experience. Interacting with Computers 22(5): p. 353-362.
- [Hekkert, 2006] Hekkert P., Design aesthetics: principles of pleasure in design. Psychology Science, 48(2): p. 157-172.
- [Hekkert and Leder, 2008] Hekkert P., Leder H. Product aesthetics. In: Schifferstein HNJ & Hekkert P (eds.) Product experience. Elsevier, p. 259-286
- [Jain, 1989] Jain K. Fundamentals of Digital Image Processing. Prentice Hall ISBN 0-13-336165-9.
- [Jones et al., 2008] Jones A., Swan E., Singh G., Kolstad E. The Effects of Virtual Reality, Augmented Reality, and Motion Parallax on Egocentric Depth Perception. Virtual Reality, p. 267-268, IEEE.
- [Kankainen, 2003] Kankainen A. UCPCD: user-centered product concept design. Proceedings of DUX'03, ACM Press, p. 1-13.
- [Karapanos et al., 2009] Karapanos E., Zimmerman J., Martens B. User experience over time: an initial framework. Proceedings of CHI'09, ACM Press, p. 729-738.
- [Kindberg, 2002] Kindberg T. Implementing physical hyperlinks using ubiquitous identifier resolution. Proceedings of WWW'02, ACM Press, p. 191-199.
- [Kleinginna and Kleinginna, 1981] Kleinginna P., Kleinginna A. A categorized list of emotion definitions with suggestions for a consensual definition. Motivation and Emotion 5: p. 345-379.
- [Law et al., 2009] Law L., Roto V., Hassenzahl M., Vermeeren A., Kort J. Understanding, scoping and defining user experience: a survey approach. Proceedings of CHI'09, ACM Press, p. 719-728.
- [Liarokapis et al., 2002] Liarokapis F., Petridis P., Lister P., White M. Multimedia Augmented Reality Interface for E-Learning (MARIE). World Transactions on Engineering and Technology Education, UK, 2002.

- [Milgram, 1994] Milgram P. et. al. Augmented Reality: A Class of Displays on the Reality-Virtuality Continuum. *Telemanipulator and Telepresence Technologies*, SPIE, V.2351.
- [Milgram and Kishino, 1994] Milgram P., and Kishino F. A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE Transactions on Information Systems* E77-D(12): p. 1321-1329.
- [Möhring et al, 2004] Möhring M., Lessig C., Bimber C. Video See-Through AR on Consumer Cell Phones. *Proceedings of International Symposium on Augmented and Mixed Reality (ISMAR'04)*, p. 252–253.
- [Myers, 2004] Myers D. *Theories of emotion*. Psychology (7th ed), Worth Publishers, p. 500.
- [Mäkelä and Fulton Suri, 2001] Mäkelä A., Fulton Suri J. Supporting users' creativity: design to induce pleasurable experiences. *Proceedings of the Conference on Affective Human Factors*, p. 387-391.
- [Norman, 2004] Norman D. *Emotional design: why we love (or hate) everyday things*. Basic Books, p. 257.
- [Olson, 2012] Olson T. User Expectations and Experiences of Mobile Augmented Reality Services. *Tampere University of Technology. Publication 1085*: p. 9-48.
- [O'Reilly, 2005] O'Reilly T. What is Web 2.0? Design patterns and business models for the next generation of software <http://oreilly.com/web2/archive/what-is-web-20.html> [último acesso: Jul 2013]
- [Papagiannakis et al., 2008] Papagiannakis G., Singh G., Magnenat-Thalmann N. A survey of mobile and wireless technologies for augmented reality systems. *Computer Animation and Virtual Worlds* 19(1): p. 3-22.
- [Raghoebardajal and Lintott, 2012] Raghoebardajal S., Lintott M. System and Method of Input Processing for Augmented Reality. *United States Patent Application Publication No. 2012/0262485*.
- [Rolland et al., 1994] Rolland P., Davis D., Baillot Y. "A Survey of Tracking Technologies for Virtual Environments", in Barfield, W. and Caudell, T. eds., *Fundamentals of Wearable Computers and Augmented Reality*, Lawrence Erlbaum, Mahwah, N. J., 2001, p. 67-112.
- [Roto, 2006] Roto V. Web browsing on mobile phones – Characteristics of user experience. *Doctoral dissertation*, Helsinki University of Technology.
- [Roto et al., 2011] Roto V., Law L., Vermeeren P., Hoonhout J. (eds) *User experience white paper: Results from Dagstuhl seminar on demarcating user experience*. Disponível em <http://www.allaboutux.org/files/UX-WhitePaper.pdf> [último acesso: Jul 2013].
- [Schneiderman, 1998] Schneiderman B. *Design the user Interface: strategies for effective human-computer Interaction*. Addison-Wesley. 3rd ed.
- [Wagner et al., 2008] Wagner D., Reitmayr G., Mulloni A., Drummond W., Schmalstieg D. Pose tracking from natural features on mobile phones. In *Proc. of ISMAR'08*, p. 125–134.
- [Wanstall, 1989] Wanstall B. HUD on the Head for Combat Pilots. *Interavia* 44 (April 1989), 334-338. [A89-39227].
- [Yogasara et al., 2011] Yogasara T., Popovic V., Kraal B., Camorro-Koc M. General characteristics of anticipated user experience (AUX) with interactive products. *Proceedings of IASDR'11*, p. 1-11.
- [Welch, 1978] Welch B. *Perceptual Modification: Adapting to Altered*

- Sensory Environments. Academic Press (1978). ISBN 0-12-741850-4.
- [Wither et al., 2008] Wither J., Coffin C., Ventura J., Höllerer T. Fast Annotation and Modeling with a Single-Point Laser Range Finder In Proc. ACM/IEEE Symposium on Mixed and Augmented Reality, Sept. p. 15-18.
- [Zhou, 2004] Zhou, Z. et al. Interactive Entertainment Systems Using Tangible Cubes, Australian Workshop on Interactive Entertainment, p. 19-22.
- [Ancient G., 2013] Ancient Greece, http://www.ancientgreece.com/s/Main_Page/ [último acesso: Set 2013]
- [Catchoom, 2012] Catchoom – Management API, <http://catchoom.com/documentation/api/management/> [último acesso: Ago 2013]
- [Google, 2013a] Google Inc. – Google Developers Glass, <https://developers.google.com/glass/> [último acesso: Out 2013]
- [Google, 2013b] Google Inc. – Google Developers, <https://developers.google.com> [último acesso: Out 2013]
- [Google, 2013c] Google Inc. – Google Developers Android, <https://developers.google.com/sdk> [último acesso: Out 2013]
- [Huffington P., 2012] Huffington P. – The Origins and Evolution of Sony’s Wonderbook, http://www.huffingtonpost.co.uk/andrew-edney/the-origins-and-evolution_b_2155074.html [último acesso: Jul 2013]
- [Metaio, 2013] Metaio GmbH – Developer Portal, <http://dev.metaio.com/sdk> [último acesso: Out 2013]
- [Qualcomm, 2013] Qualcomm Technologies, Inc. – Qualcomm Developer Network Augmented Reality (Vuforia), <https://developer.qualcomm.com/mobile-development/mobile-technologies/augmented-reality> [último acesso: Set 2013]
- [Total I., 2013] Total Immersion – Total Immersion Community, <https://community.t-immersion.com/> [último acesso: Set 2013]
- [Wikitude, 2013] Wikitude GmbH – Developer Portal, <http://developer.wikitude.com/> [último acesso: Ago 2013]

Anexos

Anexo I

Questionário de Avaliação Projeto *RealHiBook*

Questionário de avaliação do projeto RealHiBook

O projeto RealHiBook foi desenvolvido no âmbito da dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Informática, na Área de Especialização em Sistemas Gráficos e Multimédia no Instituto Superior de Engenharia do Porto.

Este questionário tem o objetivo de avaliar a sua experiência na utilização da aplicação RealHiBook no contexto do ensino em aplicações móveis.

Pedimos-lhe que leia cada uma das perguntas e faça uma cruz (X) no espaço em baixo da resposta que pretende.

Esta aplicação é uma versão experimental e não uma versão final, pelo que o seu desempenho pode não estar completamente otimizado.

O tempo aproximado de resposta a este questionário é de 5 minutos.

Por favor, faça apenas uma cruz em cada pergunta.

1. Como classifica o RealHiBook quanto à facilidade de utilização?

Muito fraca	Fraca	Razoável	Boa	Muito Boa

2. Como classifica o RealHiBook quanto à navegação entre páginas?

Muito fraca	Fraca	Razoável	Boa	Muito Boa

3. Como classifica o RealHiBook em relação à interação com o utilizador?

Muito difícil	Difícil	Normal	Fácil	Muito Fácil

4. Como classifica o RealHiBook quanto à velocidade de resposta, o conteúdo aparece rapidamente?

Muito lenta	Lenta	Razoável	Rápida	Muito Rápida

5. Sente segurança e sabe o que fazer quando utiliza a aplicação?

Muito pouca	Pouca	Normal	Muita	Bastante

6. Qual o grau de importância que dá ao objeto 3D animado, Marvin, que o guia pela aplicação?

Nada importante	Pouco importante	Razoavelmente importante	Importante	Muito importante

7. Considera o conteúdo educativo da aplicação adequado ao tema história e mitologia da Grécia Antiga?

Nada adequado	Pouco adequado	Razoavelmente adequado	Adequado	Muito adequado

8. Considera a utilização da Realidade Aumentada como um facilitador para o processo de aprendizagem?

Nada facilitador	Pouco facilitador	Razoavelmente facilitador	Facilitador	Muito facilitador

9. Considera que este tipo de aplicação tem potencialidade para melhorar o ensino e aprendizagem através de dispositivos móveis?

Muito pouca	Pouca	Razoável	Muita	Bastante

10. Qual foi a sua classificação no *quiz* final da aplicação?

Reprovado	Aprovado

MUITO OBRIGADO PELA SUA COLABORAÇÃO.

Anexo II

Livro *RealHiBook*

RealHiBook

Greek Mythology



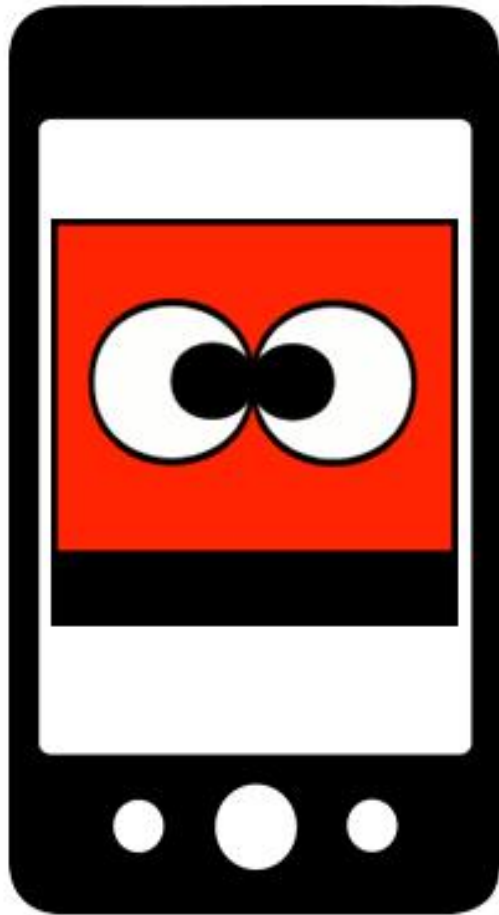
RealHiBook



Greek Mythology



Augmented Reality Technology



POINT YOUR SMARTPHONE TO THE RED ICON.



Quiz about
Greek Mythology





First God
Zeus



Introduction to
Ancient Greece





Ancient Greece in Map



Greek Mythology Video



