



Instituto Politécnico de Tomar

Escola Superior de Tecnologia de Tomar

Jorge Alexandre Guerreiro Carrança

**Tecnologias de Realidade Aumentada
com Aplicação ao Ensino e Divulgação
da Astronomia e da Paleontologia**

Projeto

Orientado por:

Doutor João Patrício, Instituto Politécnico de Tomar
Doutor Silvério Figueiredo, Instituto Politécnico de Tomar

Projeto apresentado ao Instituto Politécnico de Tomar
para cumprimento dos requisitos necessários
à obtenção do grau de Mestre
em Produção de Conteúdos Digitais

Dedico este trabalho a Soraya Afonso e família Carrança

RESUMO

Os conteúdos digitais aplicados à Realidade Aumentada têm todas as condições, com o cenário tecnológico presente, para serem otimizados para um ambiente imersivo, especialmente no formato de realidade aumentada móvel.

O acesso aos dispositivos móveis com capacidade computacional em crescimento exponencial permite a massificação da Realidade Aumentada.

Assistimos à mudança de paradigma, com o termo “humano aumentado” a ganhar relevância. A Realidade Virtual, por oposição à Realidade Aumentada, tem o seu caminho específico, requerendo dispositivos apropriados para o efeito.

A tecnologia da Realidade Aumentada tem aplicação tanto em espaços interiores como exteriores, melhorando a experiência do utilizador e permitindo uma sua melhor interação, com o domínio e capacidade de exploração das gerações vigentes.

A produção de conteúdos digitais com componente científica visa potenciar a aprendizagem de forma divertida e intuitiva, dispendo a técnica ao serviço da humanidade.

Palavras-chave: Realidade Aumentada; Conteúdos Digitais; Dispositivos Móveis; Educação; Gamificação.

ABSTRACT

Digital contents applied to Augmented Reality have all the conditions, with the present technological scenario, to be optimized for an immersive environment, especially in the Mobile Augmented Reality format.

Access to mobile devices with exponentially increasing computational capacity allows massification of Augmented Reality.

We see the paradigm shift, with the term "augmented human " gaining relevance. Virtual Reality, as opposed to Augmented Reality, has its specific path, requiring appropriate devices for this purpose.

Augmented Reality technology has application both indoors and outdoors, enhancing the user experience and enabling better interaction with the domain and exploitation capacity of current generations.

The production of digital content with a scientific component aims at enhancing learning in a fun and intuitive way, providing the technique at the service of humanity.

Keywords: Augmented Reality; Digital Content; Mobile Devices; Education; Gamification.

AGRADECIMENTOS

É louvável o empenho e disponibilidade demonstrada pelos orientadores, Doutor João Patrício, no projeto Solar System Go, informalmente auxiliado pela Professora-Adjunta Maria Cristina Costa, da ACAP (Academia da Ciência, Arte e Património que desempenhou uma função de orientação e mentoria exemplar e Doutor Silvério Figueiredo, no projeto Dinosaur GO, pela disponibilidade e rigor científico demonstrado, ficando a gratidão.

Uma palavra de apreço pelos meus colegas do Mestrado em Produção de Conteúdos Digitais pela partilha de conhecimento e experiência, acrescido da disponibilidade dos docentes em partilha do seu saber entusiasmante.

Agradece-se ao Coordenador de Mestrado Doutor Pedro Correia pelo cuidado demonstrado ao longo do percurso académico com constante acompanhamento dos discentes.

No projeto SolarSystemGO fui, numa fase inicial, auxiliado pelos meus colegas Vadims Zinatulins e, na fase intermédia e final, Bruno Farropo, enquanto mais-valia na componente de programação informática, mas também no processo criativo da solução, a quem só devo gratidão pela partilha e melhoria no desenvolvimento do projeto. Agradeço à Mara Jorge pelas fotografias da 2ª atividade da ACAP e todo restante apoio.

Um agradecimento ao Luís Fontes e Raquel D'Almeida pela capacidade de discussão dos temas propostos com uma visão de valorização fora do contexto tecnológico.

Aos cooperadores da Persona – Cooperativa Cultural CRL. também o apreço.

A quem não conste, mas que deveria, um obrigado.

ÍNDICE

RESUMO	<i>i</i>
ABSTRACT	<i>ii</i>
AGRADECIMENTOS	<i>iii</i>
ÍNDICE	<i>iv</i>
ÍNDICE DE FIGURAS	<i>vi</i>
ÍNDICE DE TABELAS	<i>vii</i>
ABREVIATURAS, ACRÓNIMOS E SIGLAS	<i>viii</i>
INTRODUÇÃO	1
METODOLOGIA	3
ESTADO DA ARTE	5
Definição	5
Breve Resenha Histórica	6
Multidisciplinaridade da RA	11
Taxonomia geracional	13
Interesse do utilizador	14
Ferramentas e Aplicações:	15
Gamificação	17
Arquitetura da Realidade Aumentada	18
APLICAÇÃO DESENVOLVIDA – SOLAR SYSTEM GO	21
Problemática	21
Guião de Jogo	22
Dados Astrais	22
Modelação 3D	23
Sistema Solar	23
Astros	24
Materiais de Jogo Adicionais	29
Navegação - GPS	31
Sistema de Navegação	31
Fluxograma do GPS	32
Motor de Jogo	34
Configuração	34
Desenvolvimento da Primeira Versão	35
Desenvolvimento da Segunda Versão	36
Componentes auxiliares do Jogo	38
Áudio	38
Sítio na Internet	39
Atividade da Academia da Ciência, Arte e Património do IPT	39
1ª Atividade no Natal de 2016	40
2ª Atividade no Natal de 2016	41
Melhorias	46
PlanetPedia	46

Elementos futuros do Jogo	47
TRABALHO FUTURO – DINOSAURUS GO	49
Objetivo	49
Problemática	50
Taxonomia da pegada	50
Design	52
API de Realidade Aumentada	52
Motor de Jogo	54
Desafio futuro	56
CONCLUSÃO	57
BIBLIOGRAFIA	62

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - CONTÍNUO DA REALIDADE MISTURADA RETIRADO DE MILGRAM & KISHINO (1994)	5
FIGURA 2 - INFOGRAFIA RA, RETIRADA DE AUGMENT (2016) - 1.....	8
FIGURA 3 - INFOGRAFIA RA RETIRADA, DE AUGMENT (2016) - 2.....	9
FIGURA 4 - INFOGRAFIA RA RETIRADA, DE AUGMENT (2016) - 3.....	10
FIGURA 5 - PREVISÃO DE INVESTIMENTO EM RA, RETIRADA DE PWC (2017).....	12
FIGURA 6 - RA DESDE 2004 A 2017, RETIRADO DA GOOGLE (2017)	14
FIGURA 7 - POKÉMON GO EM 2016, RETIRADO DA GOOGLE (2017).....	14
FIGURA 8 - DADOS DO SISTEMA SOLAR JET PROPULSION LABORATORY (2008).....	23
FIGURA 9 - PLANO GERAL DOS PLANETAS PRODUZIDOS – ALEXANDRE CARRANÇA	23
FIGURA 10 - EXEMPLO DE ÓRBITA – ALEXANDRE CARRANÇA.....	24
FIGURA 11 - ASTROS PRODUZIDOS NO AUTODESK MAYA – ALEXANDRE CARRANÇA.....	25
FIGURA 12 - DESIGN THUMBNAIL DO LOGOTIPO ADAPTADO DE FREEPIK (2016).....	29
FIGURA 13 - PRE LOADER - REQUERIMENTOS DE APLICAÇÃO - ALEXANDRE CARRANÇA	30
FIGURA 14 - MODELAÇÃO DO MENU INICIAL PARA A VERSÃO FINAL DA APLICAÇÃO – ALEXANDRE CARRANÇA	30
FIGURA 15 - MAPA DO CAMPUS DO IPT - ESPAÇO PILOTO DO JOGO (WWW.IPT.PT).....	32
FIGURA 16 - FLUXOGRAMA DO FUNCIONAMENTO DO GPS - ALEXANDRE CARRANÇA & BRUNO FARROPO.....	33
FIGURA 17 - CONFIGURAÇÃO DO SISTEMA OPERATIVO EM UNITY 3D – ALEXANDRE CARRANÇA & VADIMS ZINATULINS	34
FIGURA 18 - FERRAMENTAS EXTERNAS NO UNITY 3D – ALEXANDRE CARRANÇA & BRUNO FARROPO	35
FIGURA 19 - COMPONENTES DO SSGO – ALEXANDRE CARRANÇA & BRUNO FARROPO.....	37
FIGURA 20 - SCRIPTS UTILIZADOS NO SSGO – ALEXANDRE CARRANÇA & BRUNO FARROPO	37
FIGURA 21 - SITE SSGO - ALEXANDRE CARRANÇA & BRUNO FARROPO.....	39
FIGURA 22 - NATAL NA ACADEMIA (COSTA, SOLAR SYSTEM GO, 2016) - 1.....	40
FIGURA 23 - NATAL NA ACADEMIA (COSTA, SOLAR SYSTEM GO, 2016) - 2.....	40
FIGURA 24 - COM O QR CODE DO SOL (24.1) E OS SEUS DADOS (24.2), GERADO NO QR CODE GENERATOR PRO (2017) .	41
FIGURA 25 - 2ª ATIVIDADE SSGO DA ACAP, FOTOGRAFIA DE JORGE, MARA (2017) - 1	44
FIGURA 26 - 2ª ATIVIDADE SSGO DA ACAP, FOTOGRAFIA DE JORGE, MARA (2017) - 2	44
FIGURA 27 - 2ª ATIVIDADE SSGO DA ACAP, FOTOGRAFIA DE JORGE, MARA (2017) - 3	44
FIGURA 28 - TODOS OS ASTROS PRESENTES NO PLANETPEDIA – ALEXANDRE CARRANÇA	46
FIGURA 29 - PALAVRAS DE SELEÇÃO E IDENTIFICAÇÃO – ALEXANDRE CARRANÇA	47
FIGURA 30 - VIRTUALIZAÇÃO 3D RETIRADA DE FIGUEIREDO ET AL. (2017)	51
FIGURA 31 - TOPOGRAFIA RETIRADA DE FIGUEIREDO, ET AL. (2017)	51
FIGURA 32 - ÂNGULOS DA PEGADA RETIRADOS DE FIGUEIREDO ET AL. (2017)	51
FIGURA 33 - LOGOTIPO DO DINOSAURUS GO (FREEPIK, 2016).....	52
FIGURA 34 - OBJECT SCANNING TARGET - (VUFORIA, 2017).....	53
FIGURA 35 - PEGADA DO DE ORNITÓPODE, EM EXPOSIÇÃO NO NM DO CPGP– ALEXANDRE CARRANÇA	53
FIGURA 36 - BASE DE DADOS DA PEGADA DE ORNITÓPODE - (VUFORIA, 2017).....	54
FIGURA 37 - INSTALAÇÃO DO MOTOR DE RA VUFORIA NO UNITY 3D - ALEXANDRE CARRANÇA	54
FIGURA 38 - PROTÓTIPO DA PEGADA 3D COM VUFORIA - ALEXANDRE CARRANÇA.....	55
FIGURA 39 - MODELO 3D (IGUANODON) - (3D MOLIER, 2010)	56

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 - DIÂMETRO DOS PLANETAS E RESPECTIVO RAIOS ORBITAL MÉDIO EM TORNO DO SOL COSTA. M.C. (2017)	36
TABELA 2 - 2ª ATIVIDADE ACAP - ENQUADRAMENTO	45
TABELA 3 - 2ª ATIVIDADE ACAP- RESULTADOS	45
TABELA 4 - 2ª ATIVIDADE ACAP- ESTATÍSTICAS	45

ABREVIATURAS, ACRÓNIMOS E SIGLAS

1ª – primeira

2ª – segunda

2D - Bidimensional

3D – Tridimensional

ACAP – Academia da Ciência, Arte e Património

API – Application Programming Interface

app – anglicismo da abreviatura de aplicação

Cm - centímetros

CPGP – Centro Português de Geo-história e Pré-história

e.g – do latim *exempli gratia*, por exemplo

et al – entre outros

Ex. – exemplo

GPS – Global Position System

IA – Inteligência Artificial

IPT – Instituto Politécnico de Tomar

MAR - Mobile Augmented Reality

Mobile – Dispositivos móveis

MPCD – Mestrado em Produção de Conteúdos Digitais

NM - Núcleo Museológico

Nº/nº - número

p. – página

pdf – portable document format

pp. - páginas

pto - pontos

px – pixel

RA – Realidade Aumentada

RAM – Realidade Aumentada Móvel

RI – Realidade Imersiva

RM - Realidade Mista

RV – Realidade Virtual

SLAM – Simultaneous Localization and Mapping

SO - Sistema Operativo

SSGO – Solar System GO

UX – User Experience Design

VA – Virtualidade Aumentada

INTRODUÇÃO

Este trabalho é assumidamente como sendo de perfil exploratório, onde se pretende investigar e desenvolver conteúdos numa tecnologia recente, ainda em estado de implementação e teste que, por inerência, contém profundas problemáticas.

A realidade imersiva pode ter duas vertentes, virtual ou aumentada, podendo ser desenhada para dispositivos óticos ou vídeo, em hardware específico ou dispositivos móveis generalistas. No mundo virtual desenha-se um mundo próprio digital, alheio ao meio envolvente e real. No mundo aumentado, funde-se a realidade com objetos digitais tridimensionais, quais máscaras acrescentadas.

Sendo uma tese ao abrigo de um projeto final do MPCD (Mestrado em Produção de Conteúdos Digitais), incidimos sobre a produção de uma aplicação e seus conteúdos, na esfera da RA (Realidade Aumentada) com dois projetos de aplicações, o SolarSystemGO, um jogo de caça aos planetas, em estado de fase de implementação, e o DinosaurusGO, em estado de desenvolvimento, uma aplicação com a visualização de uma pegada de um Iguanodon *in loco*. Transversalmente, é de toda a pertinência abordarmos o enquadramento teórico-conceitual, o seu potencial educativo e formativo, tal como um veículo da ciência, em que o rigor para a transmissão do conhecimento validado, numa era de acesso imediato a informação que nem sempre é a correta, é uma necessidade.

A multidisciplinidade das áreas tecnológicas, em que a RA se enquadra, numa conjugação de criatividade com capacidades técnicas computacionais avançadas, aconselha que os trabalhos sejam feitos num ambiente coletivo, com valências distintas a conciliarem-se para a produção de um todo, o que acontece neste projeto.

A gamificação, em que a conciliação da RA em jogo ou informação aumentada com fins educativos com metodologias científicas, tentando melhorar o interesse e perceção dos utilizadores, é o móbil essencial deste trabalho, obrigando a validação científica dos dados e adaptação dos conteúdos.

O incremento da capacidade computacional dos dispositivos móveis, permite à tecnologia atual, se bem que com algumas reservas e problemáticas, a implementação da imersão na

experiência do utilizador com conteúdos digitais, construídos numa perspetiva de reprodução para uma panóplia gigante de dispositivos.

Presentemente, uma das questões cruciais que importa esclarecer é a seguinte: A Realidade Aumentada encontra-se nas condições ideais para a sua massificação através da construção de conteúdos digitais dimensionados para dispositivos *mobile*?

Abordando o enquadramento teórico-conceptual enquanto se desenvolve conteúdos digitais em RA, iremos determinar a pertinência desta premissa e, eventualmente, sua validação.

METODOLOGIA

Em articulação com bibliografia científica disponível relativa à RA, opta-se por cruzamento de fontes de sítios na internet especializados com publicações científicas creditadas, num esforço de efetuar um levantamento do estado da arte o mais rigoroso e atualizado possível.

Na componente Solar System Go, recorreremos à NASA (1998) como referência de dados relativos aos astros, bem como a Gonçalves (2014) em palestra no âmbito da ACAP (Academia de Ciência, Arte e Património), ministrada em dezembro de 2016 no *campus* do IPT, especialmente utilizados para o questionário do jogo e componente de informação adicional dos astros, o PlanetPedia. As dimensões dos astros e distâncias orbitais são dimensionadas conforme tabela disponibilizada pela Professora-Adjunta Maria Cristina Costa.

Usamos o *Adobe Illustrator* para a criação de modelos vetoriais para implementação no *Autodesk Maya* e *Unity*, na vertente de design, e utilizamos para o desenho vetorial da identidade visual do Solar System Go e Dinosaurus Go, design original da Freepik (2016), livremente adaptado para os nossos conteúdos conforme licença de atribuição dos autores, tendo sido utilizados para a o desenho de *QR Codes* da 2ª atividade da ACAP, com a criação destes com o uso do portal da *QR Code Generator Pro* (2017).

No desenho e desenvolvimento do projeto, foi consultado o portal da Autodesk Maya (2016-2017), tendo sido o feito o mesmo com o do Unity 3D (2016-2017), satisfatório para questões de desenho e desenvolvimento da aplicação, com recursos abrangentes e pedagógicos. Utilizaram-se as fotografias disponibilizadas pela Solar System Scope (2010), baseadas em dados da NASA, para as texturas dos astros, com resolução 2K (2048×1080 px), com licença *Creative Commons* 4.0.

Na parte da programação, na primeira versão houve colaboração na implementação do código em C# no Unity 3D por parte do colega Vadims Zinatulins do TeSP - Tecnologia e Programação em Sistemas de Informação, tendo na segunda versão havido auxílio no desenvolvimento e implementação da câmara de RA e sistema de navegação GPS (*Global Position System*), tal como na mecânica do jogo, do colega Bruno Farropo, do curso de Engenharia Informática.

Fez-se uso da seguinte biblioteca, sob licença *Creative Commons*, com a seleção de ficheiros áudio para o jogo, com algumas adaptações a ser feitos com o editor de som *Adobe Audition* com ficheiros áudio originais de Kastenfrosch (2012).

Na componente Dinosaurus Go, salientamos as referências do Doutor Silvério Figueiredo, docente do IPT e Presidente do Centro Português de Geo-história e Pré-história, na disponibilização da bibliografia e notas rigorosas para futura implementação, nesta fase exploratória e levantamento *in loco* das potencialidades do centro CPGP para potenciação da RA, fazendo também uso dos portais eletrónicos supracitados, *Autodesk Maya* e *Unity 3D*. Utilizamos a API Vuforia na tentativa de usar o molde da pegada como marcador.

Para demonstração de modelação final, fazemos uso da produção do coletivo 3D Molier (2010).

A opção de nomear os projetos com a terminação GO advém do convite à ação, característica basilar da RA, onde o utilizador é parte ativa no processo e motor da experiência.

Utilizamos as fotografias relativas às atividades da ACAP da Professora Maria Cristina Costa e de Mara Jorge.

Optou-se por fazer uso de termos específicos tecnológicos sempre que possível em português, mas respeitando a generalização do inglês enquanto língua técnica dominante.

ESTADO DA ARTE

Definição

Azuma, R. T. (1997) define a RA (Realidade Aumentada) como um sistema que:

- combina elementos virtuais com o ambiente real;
- é interativa e tem processamento em tempo real;
- é concebida em três dimensões.

Acrescenta-se, atualmente, o fator mobilidade, sendo o desenvolvimento das aplicações direcionado para este segmento.

A Realidade Mista (RM) tem no esquema retirado de Milgram & Kishino (1994), figura 1, com os conceitos de RA e RV (Realidade Virtual), que nos permite definir com rigor o fluxo desde o ambiente real até à imersão total num ambiente virtual:

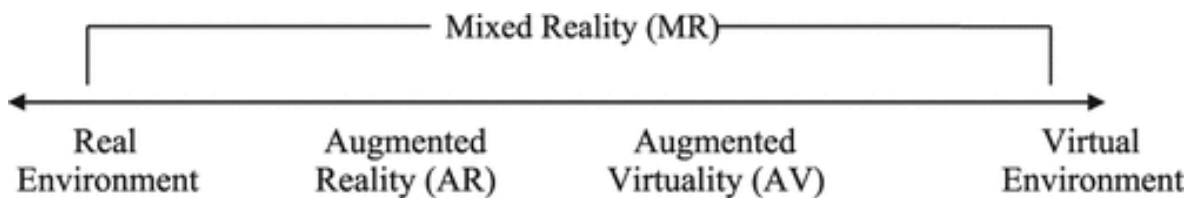


Figura 1 - Contínuo da Realidade Misturada retirado de Milgram & Kishino (1994)

A grande distinção entre a RA e a VA (Virtualidade Aumentada) incide em que com a projeção de objetos digitais num ambiente real estamos na esfera da RA, enquanto na VA existe a projeção de objetos reais num ambiente virtual.

A RA é um sonho perseguido há mais de 50 anos, mas atinge o seu estado de implementação efetivo com o universo *mobile*. Essa noção é partilhada com o estudo sobre *Mobile Augmented Reality (MAR)* por Huang et al. (2013) que defende que é graças aos dispositivos móveis que a RA será implementada no seu potencial, dedicando-se a explicar o conceito MAR que se torna o quarto acrescento à definição inicial:

- combina elementos virtuais com o ambiente real;
- é interativa e tem processamento em tempo real;
- é concebida em três dimensões
- Processa e/ou visualiza em dispositivos móveis.

O acesso em tempo-real da rede de internet conjugado com dispositivos móveis com capacidade computacional adequada permite incrementar e massificar o acesso à RA.

Breve Resenha Histórica

A computação gráfica é um campo determinante neste contexto, permitindo a criação, manipulação e difusão dos objetos digitais, sem a capacidade de criar ao nível do pixel e manipular vértices, não haveria Cinema de Animação, Videojogos e não haveria, naturalmente, RA. Assenta em duas unidades, pixel e vértice. O pixel é a unidade de luz contendo os valores de cor (RGB) e o vértice o conjunto de pontos que se traduzem nos objetos gráficos. As transformações geométricas dos pontos asseguram-se através de rotação, translação e redimensionamento. A partir de 2004, com a introdução da pipeline dinâmica por parte da NVIDIA mudou-se a forma como se faz o processamento gráfico, potenciando a programação mais ampla e eficiente dos conteúdos digitais.

Em arquitetura computacional é inevitável a referência ao CPU (*Central Processing Unit*) e a GPU (*Graphics Processing Unit*) presentes em qualquer dispositivo de computação, inclusive *mobile*. Daquilo que foi a necessidade de processamento independente de gráficos, criou-se uma capacidade incremental na produção e reprodução de imagens fotograma a fotograma com uma resolução que a indústrias de Videojogos e do Cinema almeja e a CGI (*Computer Generated Imagery*) atinge, com conteúdos completamente gerados por computador a maravilhar o mundo e a potenciar a introdução de novos campos tecnológicos, sejam lúdicos ou científicos.

Um marco na RA e RV foi com Sutherland (1965) a inaugurar em simultâneo o campo da RV e RA, com a publicação do ensaio “*Ultimate display*” em que antecede o conceito de RA com a célebre expressão: “The user of one of today’s visual displays can easily make solid objects transparent—he can “see through matter!”, contruindo em 1968 um dispositivo batizado de “Espada de Dâmocles”, já com monitorização do movimento da cabeça (*head*

tracking) e ótica transparente (*see-through optics*), reconhecido como o início da RV. (Schmalstieg & Hollerer, 2016),

Só em 1992, após um processo de maturação, surge o conceito “Realidade Aumentada”, inaugurado sobre um dispositivo “see-through HMD”, também conhecidos por “Head-mounted Display” com o objetivo de auxiliar os trabalhadores das linhas de montagem da Boeing ao reproduzir os esquemas em tempo-real com intenção de melhorar a eficácia da produção (Caudell & Mizell, 1992).

Azuma (1997) publica a definição de RA, que a nosso ver, somente foi reformulada, com a proposta de integração da MAR por Huang et al. (2013), como consequência natural.

Anteriormente, já a experiência do *mobile* com RA tinha sido feita, com o uso de marcadores e inserção de elementos gráficos com sucesso (Mohring, Lessig, & Bimber, 2004).

A partir de 2015 é acompanhada a MAR com o potencial de *hardware mobile* que tem processadores, memória e sensores adequados a uma experiência mais exigente, em simultâneo com massiva atualização de equipamentos de consumidores domésticos na ordem de um milhar de milhão de equipamentos e que irá continuar a crescer previsivelmente até 2018, o que atesta a capacidade computacional da nova geração de dispositivos *mobile* (Deloitte, 2015).

A introdução de chips *Advanced RISC Machines* recentes nos dispositivos móveis, dimensionados para alto desempenho com baixo custo computacional, permite reproduzir novos e mais poderosos conteúdos digitais (ARM, 1995-2017).

Está em implementação a 5ª Geração de dispositivos móveis com conexão global até 10 Gbps de velocidade, que poderá vir a ser um fator basilar para novas experiências em RAM, alisando-se a capacidade computacional e aos ecrãs ergonómicos (Fierce Wireless, 2015).

A nível de software *mobile* temos os sistemas Android (Google) e iOS (Apple), com uma hegemonia clara e com o fluxo de aplicações dimensionados para estas duas plataformas.

Acrescentamos uma infografia que tem toda a pertinência neste enquadramento retirado de Augment (2016) que sintetiza a evolução da RA ao longo dos tempos de uma forma elegante e clara, dividida em três quadros, figuras 2, 3 e 4 que reproduzimos:

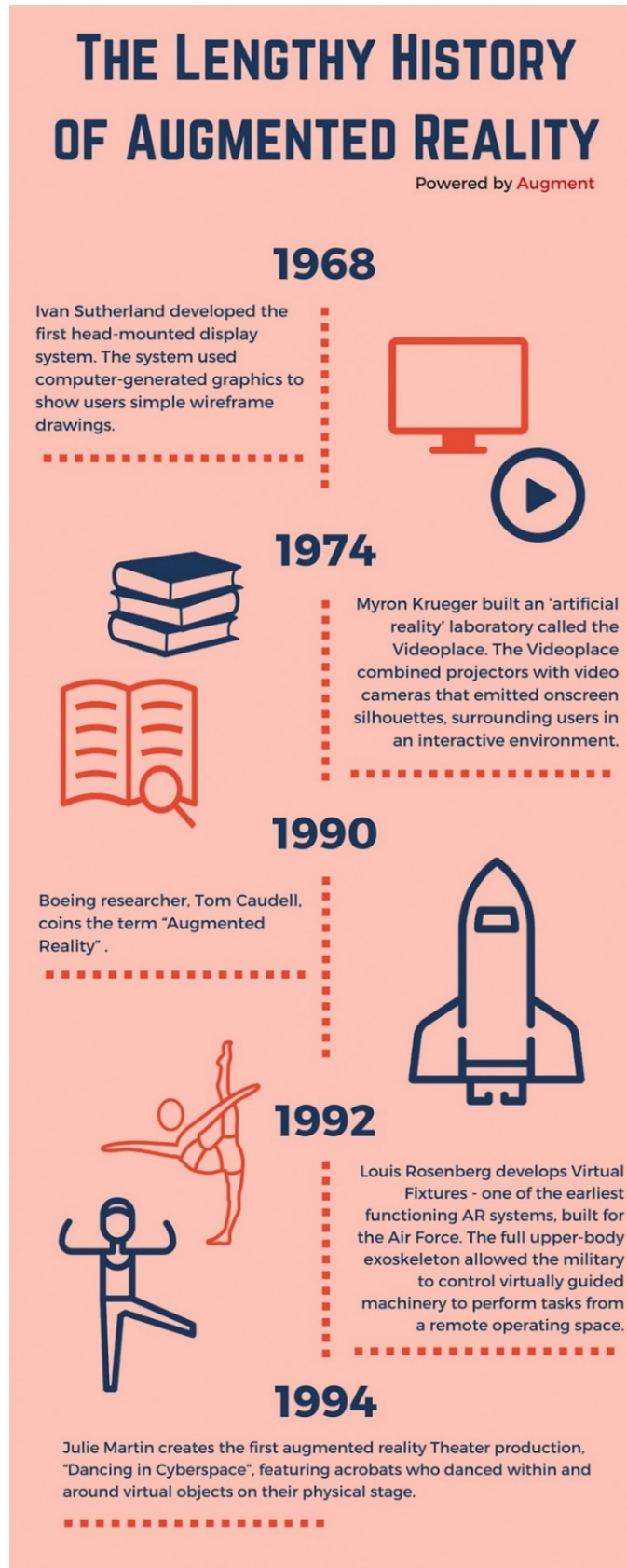


Figura 2 - Infografia RA, retirada de Augment (2016) - 1

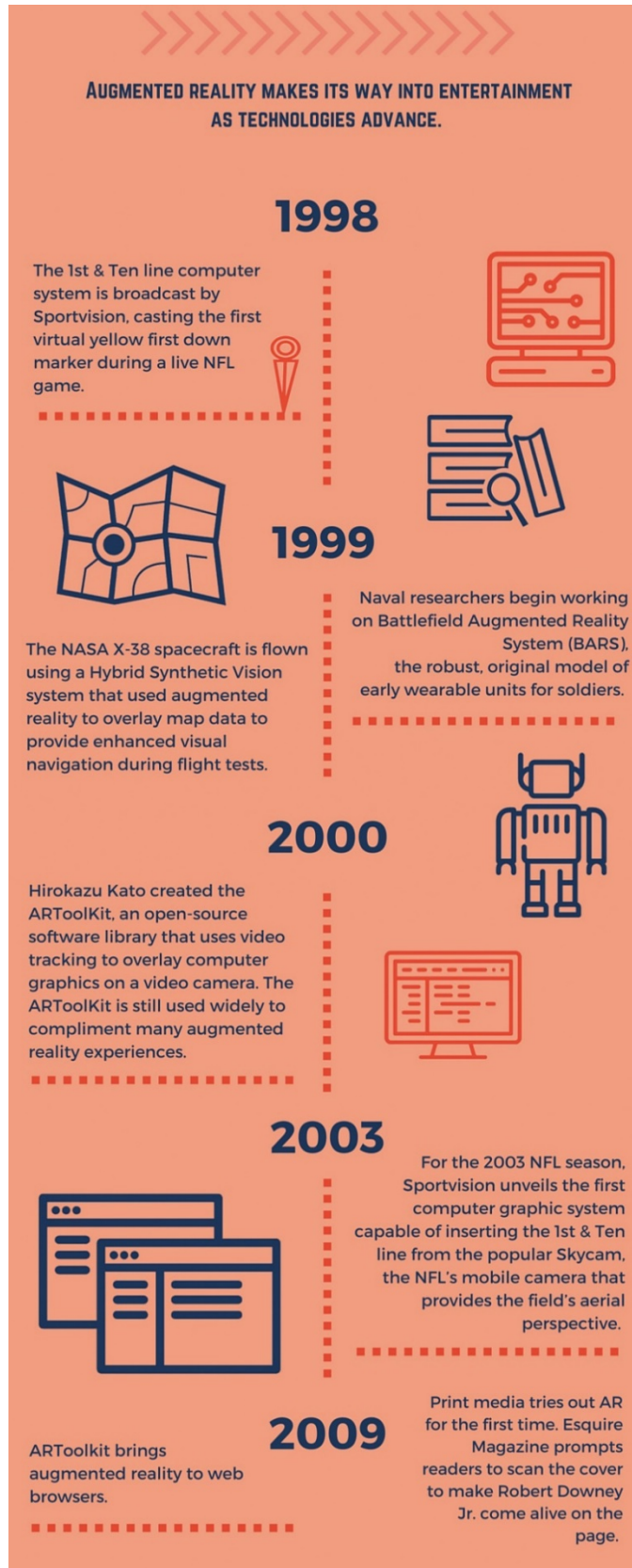


Figura 3 - Infografia RA retirada, de Augment (2016) - 2

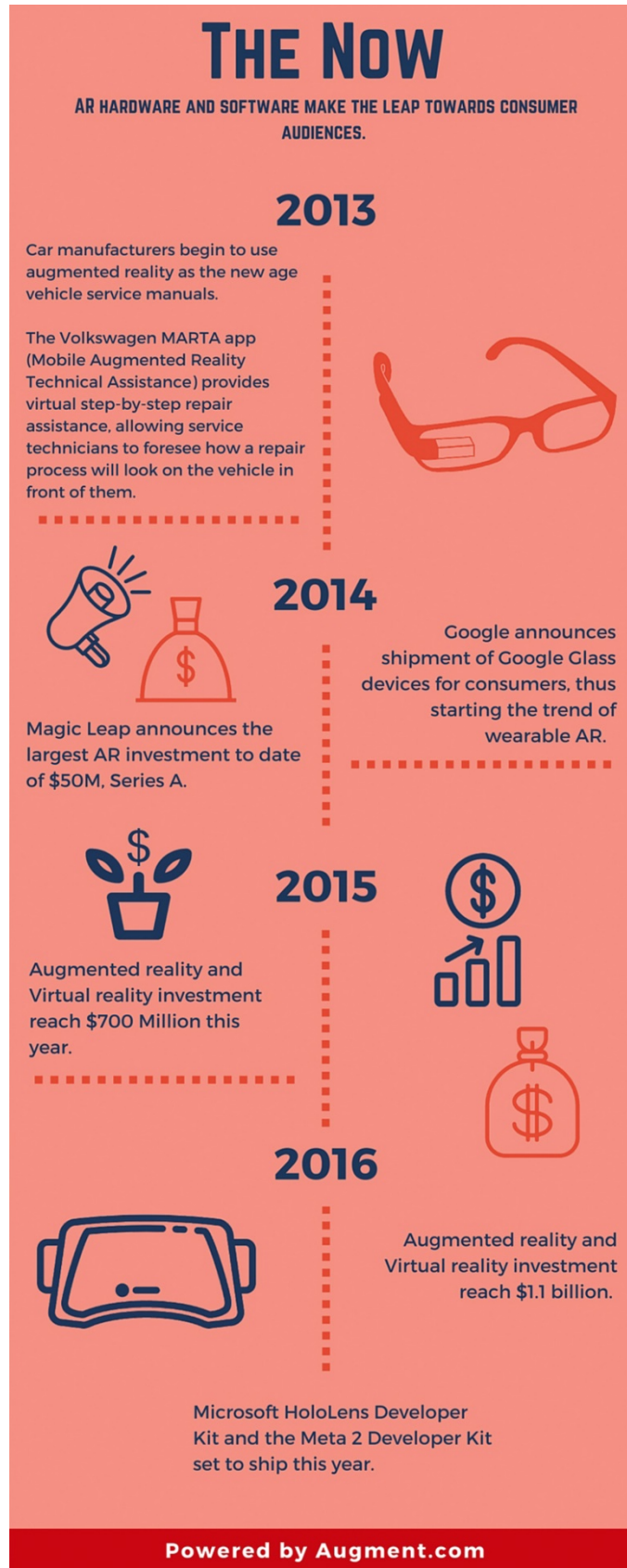


Figura 4 - Infografia RA retirada, de Augment (2016) – 3

Multidisciplinaridade da RA

Downey (2016) apresenta um levantamento exaustivo da potencialidade da RA em artigo digital, em contexto de *headsets*, mas suficiente para clarificar a aplicabilidade desta área tecnológica e que identifica com precisão todo o potencial deste ramo, como o reconhecimento facial, de objetos e desenho de informações aumentadas personalizadas.

De uma forma não exaustiva, podemos enumerar as seguintes possibilidades:

Arte e Cultura – Visitas a museus e espaços culturais com acesso a informação aumentada;

Cinema e Televisão – Dados adicionais, visualização remota simultânea ou visualização e movimento;

Comida e Restauração – Atribuição de classificação e reservas de restaurantes, dados sobre alimentos, receitas ou implementação de dietas;

Compras – Teste de itens como mobiliário, vestuário, adereços ou estilos no próprio lar;

Construção e Arquitetura – Gestão de projeto com mistura de realidade com os modelos digitais, instruções de construção ou visualização prévia do resultado final;

Desporto – Implementação de rotinas, estatísticas ou correção de práticas desportivas;

Educação – Formação e informação em ambiente imersivo com visualização de dados;

Forças de segurança – Registo e leitura com reconhecimento biométrico, de cenas de crime ou de deteção de infrações;

Habitação – Gestão do espaço doméstico, com monitorização;

Jogos – Portabilidade de jogos, mistura de dados, dinâmicas de teoria de jogos na vida real, inserção de modelos 3D em tabuleiros de jogo reais;

Manutenção física – Assistente pessoal holográfico, etapas de sessões, percursos ou gestão de objetivos;

Medicina – Interação com médicos ou base de dados com diagnóstico remoto, sendo as cirurgias aumentadas com a RA;

Mobilidade – Pessoas com capacidades reduzidas recebem informação adaptada à sua condição para melhor interação com os espaços ou relações interpessoais;

Política – Leitura de discursos, confirmação de factos ou interpretação de multidões;

Produtividade e Trabalho – Conferências com acesso a informação em tempo-real;

Psicologia – Estudo e treino de interações sociais com pessoas e produtos;

Publicidade – Segmentação direcionada, anúncios impostos ou interação com produtos;

Social – Identificadores ocultos em espaços, auxiliares na interpretação de interações pessoais ou videoconferências em RA;

Transportes – Orientação seja por GPS ou sinalizadores de RA com informação de navegação, com aplicação no exterior e interior;

Claramente, certas aplicações somente serão possíveis em *headsets*, especialmente as de forças de segurança ou militares que obrigam a uma liberdade de movimento dos membros.

Na esfera do quotidiano, a RA através de dispositivos móveis terá implementação facilitada.

Na figura 5; um estudo sobre intenções de investimento por indústria (PwC, 2017):

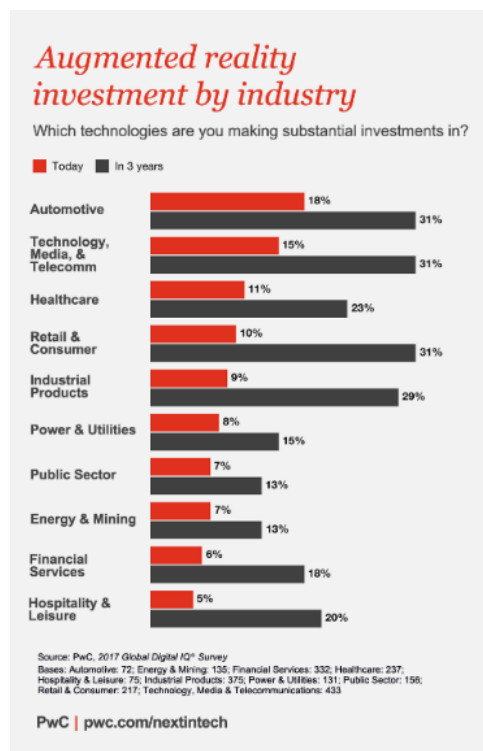


Figura 5 - Previsão de investimento em RA, retirada de PwC (2017)

Taxonomia geracional

Qualquer tecnologia se define pela relação que estabelece com as pessoas. A implementação de uma nova tecnologia depende, sempre, da capacidade de absorção de novas práticas por parte destas. Resumimos a partir de WJSchroer Company (s.d.) as gerações que nos importam.

Como a computação, também se poderá fazer uma correlação de gerações. Em meados do séc. XX nasce a chamada geração *Baby Boomers* que inicia a sua caminhada após a II Guerra Mundial. Na década de 60 surge a Geração X, que cresce com a televisão como veículo preferencial de media. Em finais de 70 surge a Geração Y (também conhecida como *Echo Boomers* ou *Millenniums*), já imersa em contacto com a tecnologia de uma forma ativa, que tem acesso a computadores domésticos e vê surgir a internet. Em meados da década de 90 surge a Geração Z, que durará até ao início da segunda década do séc. XXI, nativa do ambiente digital com conhecimentos avançados de computação e acesso a dados em tempo-real com dispositivos móveis.

A taxonomia geracional é tida num conceito referencial, sendo alvo de múltiplas interpretações e ainda carecendo de fundamentação científica rigorosa. Permite-nos, contudo, compreender a mudança da qualificação das gerações no que à tecnologia diz respeito.

É, pois, a partir da Geração Y que a tecnologia se torna parte integrante do quotidiano, adaptável a novas tecnologias, assistindo ao surgir das redes sociais e da comunicação digital. A Geração Z é a mais apta à integração da realidade misturada, pela sua relação absorvente com a tecnologia digital. Com a inversão da pirâmide populacional, a Geração X ainda será tida em conta enquanto utilizadora de novas tecnologias, mas limitada pela idade e conhecimentos limitados de informática.

Vive-se num contexto global, em que conceitos como *SmartCities*, *Internet of Things* (IoT) e *Web of Things* prometem tornar-se dominantes precisamente pela capacidade de conexão em rede dos dispositivos móveis e construção de estruturas digitais para decisores com interação no espaço físico em tempo-real (Whitmore, Agarwal, & Xu, 2014; Atzori, Iera, & Morabito, 2009).

Segundo Ramos (2016), da informação global disponível, 85.2% está disponível em suporte digital. A partir de 2013 a população proprietária de dispositivos móveis foi na ordem de 1 000 000 000, sendo o consumo de internet fixa ultrapassado pela internet móvel a partir de 2015. Surge um novo paradigma, prospectivo ainda, dos humanos aumentados com apêndices tecnológicos, como a IA, exosqueletos, RV e RA, entre outros (Dawson, 2010).

Interesse do utilizador

A RA encontra em 2016 um momento ímpar na história, com a pesquisa do popular motor de busca e líder de mercado Google a indicar que o termo mais pesquisado foi o *Pokémon GO*, que utiliza também o sistema de navegação GPS, suplantando eventos históricos globais, como a eleição da administração dos Estados Unidos da América e o *Brexit*, introduzindo no quotidiano o termo RA., nas figuras 6 e 7 (Google, 2017):

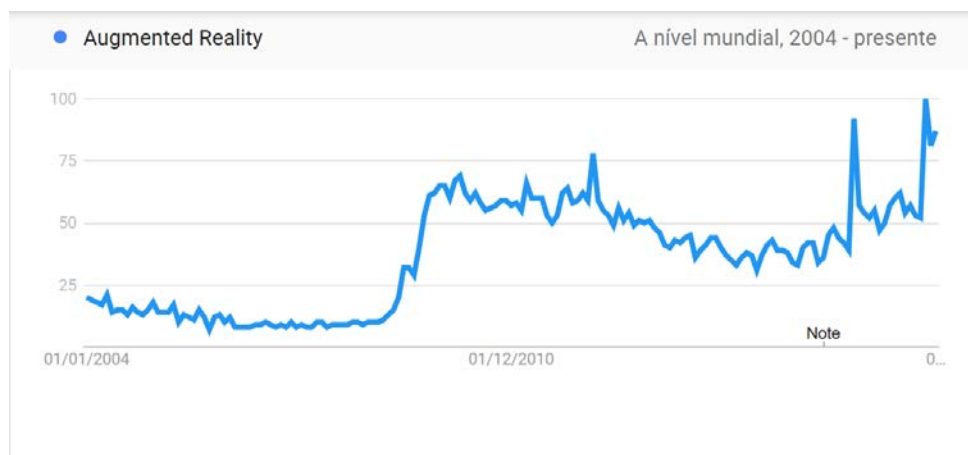


Figura 6 - RA desde 2004 a 2017, retirado da Google (2017)

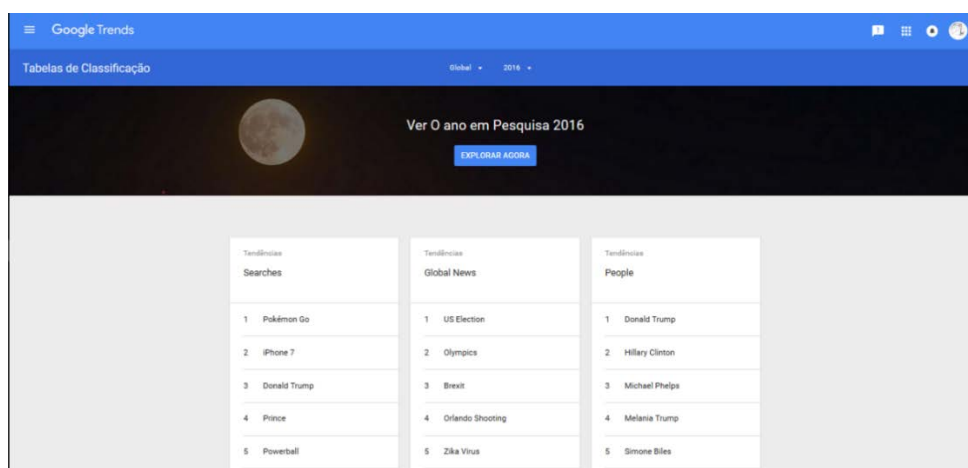


Figura 7 - Pokémon GO em 2016, retirado da Google (2017)

Permite com dados extraídos do gráfico denotar-se que o interesse na pesquisa a nível mundial está a aumentar e do momento disruptivo que o *Pokemon Go* produziu.

Ferramentas e Aplicações:

Existe uma oferta suficiente no desenvolvimento de aplicações e seus recursos.

Na criação de objetos digitais tridimensionais, com recurso a ferramentas de modelação, há variadas opções, salientando-se as mais populares no setor profissional, o *Blender* (<https://www.blender.org>), o *LightWave* (<https://www.lightwave3d.com>), o *Rhinoceros* (<https://www.rhino3d.com>), o *Cinema 4D* (<https://www.maxon.net/en-gb/products/cinema-4d/overview>), o *3D Studio Max* (<https://www.autodesk.com/products/3ds-max/overview>) e o *Maya* (<https://www.autodesk.com/products/maya/overview>), estes últimos da *Autodesk*.

São programas de desenho e modelação que permitem criar os objetos necessários, sendo uma opção de cada modelador o programa favorito. Têm em comum permitirem a criação de conteúdos para cinema, especialmente animação, como para jogos e aplicações.

Para desenho vetorial, pertinente para a criação de desenhos bidimensionais de raiz, sem constrangimentos de proporcionalidade destaca-se os dois mais populares usados no setor profissional: o *Adobe Illustrator* (<https://www.adobe.com/pt/products/illustrator.html>) ou o *CorelDRAW* (<https://www.coreldraw.com>).

Os objetos digitais necessitam de um motor que faça o seu processamento, também designado por renderização, seja 2D ou 3D, que são por norma baseados em bibliotecas gráficas como o *OpenGL* (<https://www.opengl.org/>) ou *DirectX*, da *Microsoft*, (<https://support.microsoft.com/pt-pt/help/179113/how-to-install-the-latest-version-of-directx>).

Existe motores gráficos que processam somente os componentes visuais, como o *Crystal Space* (<https://sourceforge.net/projects/crystal>), o *OGRE* (<https://www.ogre3d.org>) e o *OpenSceneGraph* (<http://www.openscenegraph.org>).

Para a opção específica de comportamentos físicos, há também soluções que simulam a física newtoniana.

Os motores de jogos como o *GameMaker* (<https://www.yoyogames.com/gamemaker>), direcionado para jogos 2D, e motores para ambientes 3D como o *Unreal Engine*

(<https://www.unrealengine.com>) ou *Unity 3D* (<http://unity3d.com>) são a solução para desenvolver jogos ou aplicações móveis, havendo a possibilidade, para soluções mais específicas, desenvolver um motor de jogo personalizado para as exigências de um jogo ou aplicação específica.

Um motor de jogo é mais abrangente, processando físicas, áudio, texturas, efeitos, sendo totalmente programável, essencial para o eficiente desenvolvimento de um jogo ou aplicação.

Existe um conjunto de *API's* (*Application Programming Interface*) que podem ser integrados num motor de jogo para implementação da RA, como o *Artoolkit* (<https://www.artoolkit.org>), o *Vuforia* (<https://www.vuforia.com>), o *Wikitude* (<https://www.wikitude.com>), o *OpenNI* (<http://openni.ru>), o *SentiReal*, dedicado ao ramo da saúde (<https://www.sentireal.com>) e os recentes, em fase ainda inicial, dos gigantes tecnológicos *Google ARCore* (<https://developers.google.com/ar>) e *Apple ARKit* (<https://developer.apple.com/arkit>).

O projeto *Tango*, da *Google*, (<http://get.google.com/tango>) que tenhamos conhecimento, foi o primeiro equipamento *mobile* desenvolvido especificamente para o uso da RA, seguindo-se um equipamento baseado no *Tango* direcionado para o setor de consumo, o *Asus ZenFone AR - ZS571KL* (<https://www.asus.com/pt/Phone/ZenFone-AR-ZS571KL>).

O eventual desconforto pelo o recurso a dispositivos *headset* intrusivos e desconfortáveis poderá causar uma preferência provável na aposta em *mobile*.

Estamos em plena fase de experimentação e produção de novas aplicações o que torna difícil uma síntese exaustiva das soluções existentes, deixando-se somente algumas referências.

Começa a existir um catálogo de jogos e aplicações de RA como os jogos *Pokemon GO*, *Ingress*, *Zombies*, *Run*, *Kick ball*, *SpecTrek*, *Parallel Kingdom*, *Iron HUD*, *Parallel Mafia*, *Bounce Ball / ARBasketball*, *The Machines*, *Cadbury World*, *ARQuake* e *The Eye of Judgment*.

Das aplicações destacamos *Amikasa*, *IKEA Place*, *AR MeasureKit*, *Holo*, *CARROT Weather*, *Complete Anatomy 2018*, *Animal 4D+*, *Quiver - 3D Coloring*, *Vortex Planetarium* e *Astronomy*.

É essencial assegurar a função responsiva dos conteúdos, desenhando-se soluções que permitam ser ajustadas conforme a dimensão do ecrã, sem perda de resolução, havendo uma obrigatoriedade de criar conteúdos com um quadro mínimo de *FullHD* (1920x1080) para leitura em todos os dispositivos sem perda de propriedades.

O principal desafio, na ótica da melhor experiência possível por parte do utilizador, inicia-se na questão da luz ambiente, em que será de todo o interesse que haja uma função na app que regule a luminosidade do ecrã conforme a luminância ambiental.

Gamificação

Gamificação (*Gamefication*) é um termo que surge no início do séc. XXI, com a paternidade a ser atribuída a Nick Pelling que a cunha em 2002 (Marczewski, 2013), em que se implementa práticas de jogos a outras áreas, como a educação, mas poderemos recuar ao séc. XX com a introdução da dinâmica dos jogos na economia, com definição de diferentes estratégias para compreender que é um conceito que nos acompanha ao longo da história (Neumann & Morgenstern, 1944).

Aprender a brincar é o mundo de uma criança. Neste caso, com a maturação da indústria de videojogos e dispositivos eletrónicos, associada à implementação das Tecnologias de Informação e Comunicação, naturalmente surgiu um conceito abrangente desta prática com maior alcance. Define-se enquanto uso de técnicas de jogo para resolução de problemas, na dinâmica de desafio que termina em recompensa.

Deterding (2015) introduz uma proposta de design de jogos com a criação de desafios claros e objetivos. Há indicações claras de que os videojogos melhoram as condições de aprendizagem dos alunos e resultados obtidos, concluindo-se que, de acordo com a informação disponível, não há acréscimo de risco de distúrbios mentais por esta prática e, pelo contrário, acrescenta valor (Kovess-Masfety, et al., 2016).

Nos casos concretos da paleontologia e astronomia, denota-se um potencial crescente. Destacamos o National Museum of Natural History (2017), com configuração muito semelhante ao proposto na vertente Dinosaurus Go, em que uma sala do museu está preparada para com uma *app* de RA em que esqueletos são completados com figuras modelada, podendo, também, jogar jogos lúcidos e educativos. Na componente de Astronomia salientamos “Star Walk HD - Night Sky Map” somente disponível em iOS, mas

que permite extrair informação à noite sobre os astros visíveis no horizonte em tempo-real, com atualizações frequentes (Vito Technology Inc., 2009).

Arquitetura da Realidade Aumentada

A RA pode ser explicitada enquanto soma:

Camara de vídeo + Interpretação do cenário + Mistura de gráficos/sons = RA

A experiência RA tem, como todas as narrativas, início, meio e fim. No início temos a calibração, ponto onde o digital se combina com o físico. Um dos maiores problemas da precisão da RA prende-se com a movimentação e correto alinhamento entre o mundo real e os objetos digitais, em que as coordenadas X, Y e Z são preponderantes.

Uma característica essencial para a experiência em RA é as técnicas de rastreio (*tracking*), sendo a mais promissora a S.L.A.M (*Simultaneous Localization And Mapping*), que permite a definição do posicionamento e leitura e construção do ambiente em tempo-real, sem conhecimento prévio.

Existe diferentes estratégias que assentam em marcadores, reconhecimento de objetos, inércia, sensoriais ou híbridos. (Zhou, Duh, & & Billinghurst, 2008).

Importa definir dois tipos de suportes de leitura em RA, adaptados ao nosso propósito a partir de linhas gerais prévias (Rolland & Holloway, 1995; Rolland J. P., 2000):

- *Optical See-through Display* – Mistura através de um corpo ótico do ambiente real e do virtual, com algumas limitações visuais, mas com um campo de visão semelhante ao do ser humano, dependente das melhores condições de iluminação e dispositivo próprio, numa experiência semelhante ao conceito holográfico.
- *Video See-through Display* – A mistura é um fluxo entre a câmara do equipamento e o seu ecrã, intercalada com processamento gráfico. Tem a vantagem de ser utilizado em qualquer dispositivo móvel, apesar de ainda estar dependente de um *hardware* avançado. Estão nesta categoria os *smartphones*, *phablets* e *tablets*.

Os *headsets* ou “Head-mounted Display”, sejam óticos ou vídeo, têm uma aplicação abrangente, mas ainda com um custo inerente e eventual desconforto a dificultar a sua massificação, sendo equipamentos direcionados tanto para RA (óticos) como RV (vídeo).

São exemplo os *Sony PlayStation VR* (<https://www.playstation.com/pt-pt/explore/playstation-vr>), *HTC Vive* (<https://www.vive.com/us/product/vive-virtual-reality-system>), *Oculus Rift* (<https://www.oculus.com/rift>) e *Google Daydream View*, este último, um híbrido para acoplar o telemóvel numa experiência de RV (<https://vr.google.com/daydream/smartphonevr>). A componente háptica é um fator penalizador na RV, em que a experiência sensorial é invalidada pelos estímulos contraditórios que o corpo recebe, bastando referir a problemática quando a visão recebe indicação de movimento e a audição, responsável pelo equilíbrio, indica imobilidade do corpo.

No caso dos óculos, destaca-se os *Google Glasses* (<https://x.company/glass>) e os *Sony SmartEyeglass* (<https://developer.sony.com/develop/smarteyeglass-sed-e1>), apropriados para tarefas mais complexas, em RA, como visualização em pesquisa científica, linhas de produção industrial ou intervenção policial e militar.

Em contrapartida, o telemóvel é um objeto pessoal do dia-a-dia, justifica a preferência do utilizador e a conseqüente necessidade na aposta na produção de conteúdos para o segmento *mobile*.

Os dispositivos móveis estão divididos em duas categorias, *smartphones* (com ligação de dados e WIFI) e *tablets* (maioritariamente WIFI), denotando-se um retomar aos ecrãs maiores nos *smartphones*, denominados *phablets* (*smartphones* com ecrãs entre 5,5 a 7 polegadas) em que está previsto que estes modelos continuarão em crescimento, especialmente neste segmento que passará dos aproximados 600 milhões para 1 milhão de milhão até 2021, estando já os dispositivos IOS a alinhar-se com esta tendência deste 2014, com os dispositivos Android a iniciar a convergência (International Data Corporation, 2017).

No caso do Solar System Go fazemos uso da inércia, com o giroscópio a medir a diferença de rotação relativo a um ponto de referência definido e o acelerómetro a indicar os vetores

de aceleração. No caso do Dinosaurus Go, a solução proposta assenta num híbrido, assente em marcador e leitura baseada no objeto.

É no registo onde se encontra mais erros nas aplicações com RA. Em algumas áreas de aplicação de RA como é o caso do Dinosaurus GO, a sincronização dos dois mundos (real e virtual) tem de ser milimetricamente eficaz e são as lacunas a esse nível que fazem com que utilização da RA ainda não seja uma realidade de disseminação geral.

O erro de registo divide-se em dois pontos, essência da problemática da RA com a sua maior fragilidade há mais de duas décadas, com necessidade de contínua aposta na pesquisa e desenvolvimento tanto a nível de software como hardware (Holloway, 1997):

- Erro Estático

Este é o principal causador do erro de registo. Mesmo quando o ponto do utilizador e o ponto dos objetos no ambiente estejam imóveis, continuam a ser permeáveis a erros de distorção ótico, desalinhamentos mecânicos e parâmetros de visualização assimétricos.

- Erro Dinâmico

Ocorre pela latência entre o processamento da imagem e a mistura dos objetos digitais. No processo intermédio, de cálculos, no caso de posições relativas e coordenadas de objetos dinâmicos. A solução mais comum, é atrasar a mistura dos sinais ou uso de técnicas de representação e codificação de imagem, permitindo o processamento eficaz prévio.

APLICAÇÃO DESENVOLVIDA – SOLAR SYSTEM GO

A convite dos docentes do IPT, Professores João Patrício e Maria Cristina Costa, abordou-se a premissa de desenvolver uma aplicação em RAM com caça aos planetas do Sistema Solar, com a fusão das partes lúdicas e pedagógicas, respeitando a escala e distâncias entre planetas, em proporcionalidade.

Problemática

O sistema de navegação GPS, assumindo o jogador a posição da câmara é o desafio, onde a acuidade é questionada pelo movimento constante tanto da sua posição como dos astros. O rigor científico opõe-se à UX (experiência do utilizador) na questão da dimensão dos planetas.

A essência deste projeto levantou algumas questões específicas. A questão *indoor* vs. *outdoor* considerou respostas distintas. A questão de escalabilidade, seguindo o referencial de proporcionalidade nas escalas dos astros em dimensões distintas, obrigam a ponderar o uso do GPS enquanto fator de georreferenciação em detrimento da opção RSSI (*Received Signal Strength Indicator*) ou *Beacons*. O GPS, apesar de uma margem de erro nunca inferior a 8 metros, permite definir zonas de implementação da aplicação adaptável a crianças, jovens e adultos, não estando dependente na ótica de utilizador de configurações complexas, permitindo o arranque da aplicação simples e eficaz, compensando a variação de leitura de posição do GPS, que aumentando a área de implementação, reduz a margem de erro, proporcionalmente.

Para uma solução mais rigorosa, no futuro poder-se-á ponderar no uso do RSSI como tendo um equipamento a emitir sinal rádio e todos os outros equipamentos a utilizar a intensidade do sinal (dBm) para determinar a sua posição, uma solução para um ambiente multijogadores, mas que obriga a uma configuração prévia. Os *Beacons* são pertinentes para ambientes estáticos, com limitações de alcance e questões energéticas, razão de exclusão imediata.

A solução configura-se uma aplicação para espaço *outdoor*, com um convite ao usufruto no exterior, com recurso a uma experiência navegação híbrida.

A opção de marcadores ou, especificamente, de reconhecimento de objetos está a ser equacionada para *indoor*, tendo o projeto futuro DinosaurusGO a oportunidade da sua provável implementação.

Guião de Jogo

Instalar uma aplicação *Android*, denominada SolarSystemGO (a disponibilizar em servidor adequado).

Com a inicialização do jogo, é automaticamente adquirida uma posição de coordenadas, automática, predefinida ou personalizada, que assumirá o valor referencial do sol. O jogador assumirá o ponto de vista da câmara do *mobile*.

Movendo-se o jogador em qualquer direção, estará disponível a captura de itens digitais correspondentes aos planetas do nosso sistema solar. A progressão e órbita definida são forçosamente proporcionais à relação escalar entre astros, sendo detetada automaticamente a órbita aquando da entrada em qualquer ponto da circunferência, mas forçando o jogador a percorrer essa órbita até surgir, em qualquer ponto dos 360 graus, a entrada no visor da figura planetária respetiva.

Aquando da entrada em órbita surgirá no visor a legenda do planeta em questão. O áudio produzido pelo próprio astro será audível até mudar com a entrada noutra órbita e ser substituído.

Cada planeta corresponderá a um (1) ponto, sendo o valor do Sol igual a um (1) ponto com o início do jogo, contabilizando-se 9 pontos no total, para considerar o jogo completo.

A realçar que os planetas estarão em constante movimento, sendo capturados num ponto a descobrir pelo jogador na circunferência correspondente à sua órbita.

Dados Astrais

São considerados os dados da Jet Propulsion Laboratory (2008), gerida pela NASA, na figura 8, para referência inicial dos astros e navegação no desenvolvimento.

Planets and Pluto: Physical Characteristics

This table contains selected physical characteristics of the planets and Pluto.

Planet	Equatorial Radius	Mean Radius	Mass	Bulk Density	Sidereal Rotation Period	Sidereal Orbit Period	V(1,0)	Geometric Albedo	Equatorial Gravity	Escape Velocity
	(km)	(km)	($\times 10^{24}$ kg)	(g cm^{-3})	(d)	(y)	(mag)		(m s^{-2})	(km s^{-1})
Mercury	2439.7 [D] ± 1.0	2439.7 [D] ± 1.0	0.330104 [F] ± 0.000036	5.427 [I] ± 0.007	58.6462 [D]	0.2408467 [B]	-0.60 [E] ± 0.10	0.106 [B]	3.70 [I]	4.25 [I]
Venus	6051.8 [D] ± 1.0	6051.8 [D] ± 1.0	4.86732 [G] ± 0.00049	5.243 [I] ± 0.003	-243.018 [D]	0.61519726 [B]	-4.47 [E] ± 0.07	0.65 [B]	8.87 [I]	10.36 [I]
Earth	6378.14 [D] ± 0.01	6371.00 [D] ± 0.01	5.97219 [H] ± 0.00060	5.5134 [I] ± 0.0006	0.99726968 [B]	1.0000174 [B]	-3.86 [B]	0.367 [B]	9.80 [I]	11.19 [I]
Mars	3396.19 [D] ± 0.1	3389.50 [D] ± 0.2	0.641693 [I] ± 0.000064	3.9340 [I] ± 0.0008	1.02595676 [D]	1.8808476 [B]	-1.52 [B]	0.150 [B]	3.71 [I]	5.03 [I]
Jupiter	71492 [D] ± 4	69911 [D] ± 6	1898.13 [J] ± 0.19	1.3262 [I] ± 0.0004	0.41354 [D]	11.862615 [B]	-9.40 [B]	0.52 [B]	24.79 [I]	60.20 [I]
Saturn	60268 [D] ± 4	58232 [D] ± 6	568.319 [K] ± 0.057	0.6871 [I] ± 0.0002	0.44401 [D]	29.447498 [B]	-8.88 [B]	0.47 [B]	10.44 [I]	36.09 [I]
Uranus	25559 [D] ± 4	25362 [D] ± 7	86.8103 [L] ± 0.0087	1.270 [I] ± 0.001	-0.71833 [D]	84.016846 [B]	-7.19 [B]	0.51 [B]	8.87 [I]	21.38 [I]
Neptune	24764 [D] ± 15	24622 [D] ± 19	102.410 [M] ± 0.010	1.638 [I] ± 0.004	0.67125 [D]	164.79132 [B]	-6.87 [B]	0.41 [B]	11.15 [I]	23.56 [I]
Pluto	1151 [C] ± 6	1151 [C] ± 6	0.01309 [N] ± 0.00018	2.05 [I] ± 0.04	-6.3872 [D]	247.92065 [B]	-1.0 [B]	0.3 [B]	0.66 [I]	1.23 [I]

Figura 8 - Dados do Sistema Solar Jet Propulsion Laboratory (2008)

Modelação 3D

Sistema Solar

Construção com recurso a polígonos de **esferas** para os planetas, anéis com **toros** e órbitas com **círculos**, conforme figura 10.

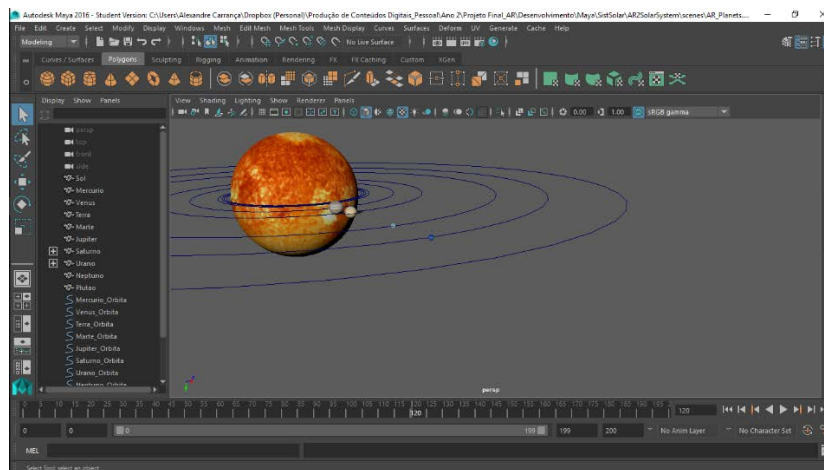


Figura 9 - Plano geral dos planetas produzidos – Alexandre Carrança

Com o intuito de ajudar à navegação, produziu-se orbitas visíveis com a geometria circular, em convergência com os astros, e.g. figura 10:

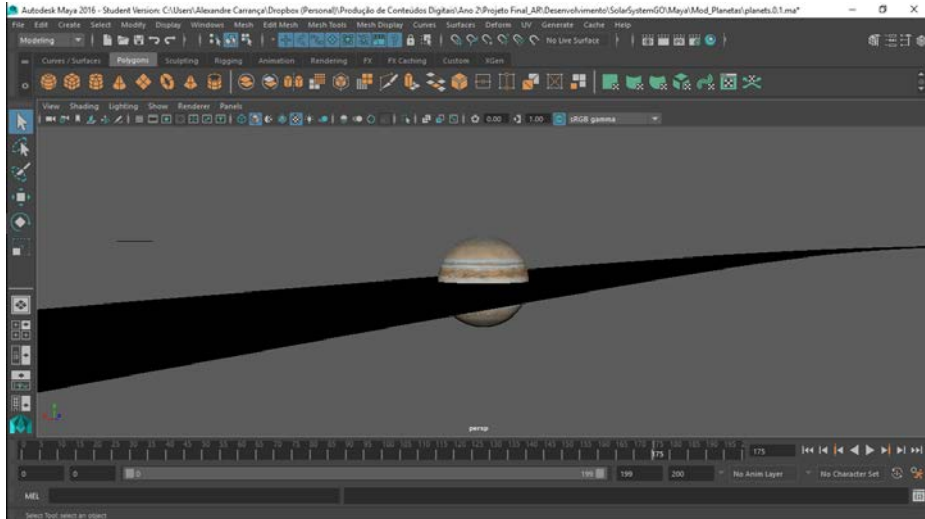


Figura 10 - exemplo de órbita – Alexandre Carrança

A opção *UV mapping*, que permite adaptar as coordenadas binárias de uma imagem e aplicá-la numa modelação tridimensional, criando um mapa, foi simplificada neste trabalho pela razão de estarmos com objetos de uma face só.

As texturas foram inseridas com a função inserção de “materials” opção “lambert”, com o carregamento dum ficheiro de imagem, sendo possível adicionar profundidade e relevo através do uso da escala de cinzentos, com a manipulação, com a introdução repetida da imagem, com a opção “bump mapping”, que manipula o canal alfa (transparência). A exportação dos ficheiros deverá ser feita no formato “fbx” (filmbox) com a opção “embed media” ativa para inclusão de todos os componentes misturados nos objetos. Este formato permite a importação no *Unity 3D* com respeito pelas configurações originais.

Astros

Como resultado final da modelação, produziu-se 9 astros, referentes ao nosso Sistema Solar, possíveis de visualizar na figura 11, agrupados sem relação de escala para melhor perceção, em que é possível perceber a forma circular e as texturas com relevo. Permitem com otimização do lado do motor de jogo, acrescentar resolução e detalhe, prevendo-se a inclusão de uma modelação paralela com a visualização do interior, quando tal for possível com rigor científico.

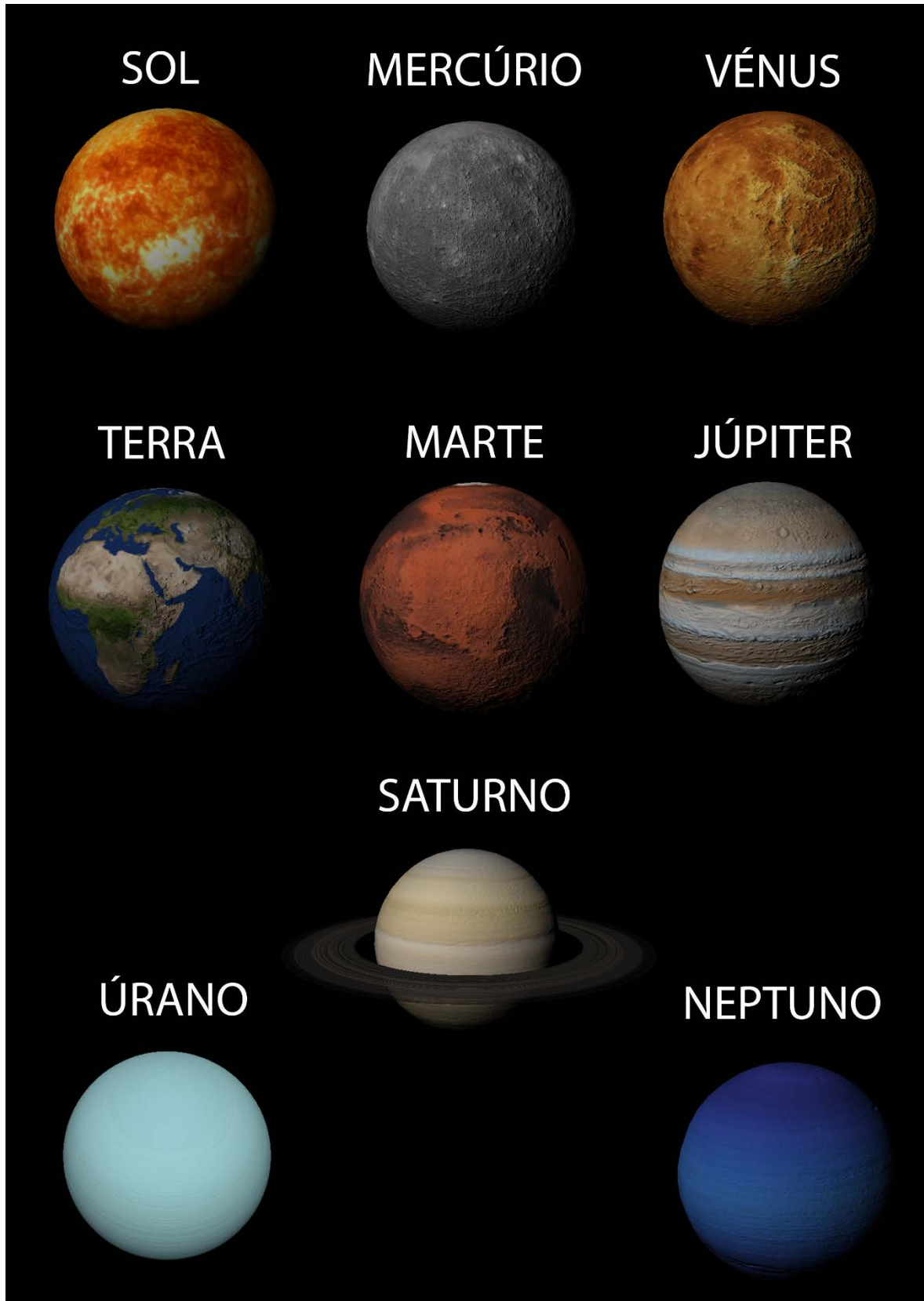


Figura 11 - Astros produzidos no Autodesk Maya – Alexandre Carrança

Explicita-se os dados extraídos da NASA (1998) e as informações presentes no PlanetPedia (Gonçalves, 2014). A escala em *Maya* dos astros e órbitas é um valor referencial.

O Sol:

- A escala em *Maya*: 100.00 sendo a grandeza de referência nos diâmetros e distância restantes. É uma estrela da classe espectral G2 que contém 99,86% da massa total do Sistema, que faz parte da Via Láctea, uma galáxia espiral-barrada com um diâmetro entre 100.000 e 120.000 anos-luz, contendo entre 200 mil milhões e 400 mil milhões de estrelas.
- Dados no PlanetPedia: É a nossa estrela e está no centro do Sistema Solar. É amarelada e tem 99.86% da massa total. Diâmetro: 109 Terras; Massa: ≈ 333.000 Terras; Temperatura: superfície: 6.000 °C, núcleo: ≈ 16 milhões °C; Rotação no equador: 25 dias.

Mercúrio:

- A escala em *Maya*: 0.350 e distância orbital do astro em *Maya*: 416.000. É o planeta mais próximo do Sol e o oitavo em tamanho. Distância média da Terra: 91,7x106 km Volume: 6,1x1010 km³ (0,056 Terras).
- Dados no PlanetPedia: O planeta rochoso mais próximo do Sol (planeta interior). Ano: ≈ 88 dias terrestres; dia: ≈ 58.5 dias terrestres; Diâmetro: pouco maior do que a Lua; Temperatura: de dia: ≈ 400 °C, de noite: ≈ -200 °C; Visibilidade: sempre perto do Sol. Na mitologia Grega: de madrugada, Apolo, ao entardecer, Hermes. Na mitologia Romana, Mercúrio.

Vénus:

- Escala do astro em *Maya*: 0.870. Distância orbital do astro em *Maya*: 776.000. É o segundo planeta a contar do Sol e o sexto maior. Distância média da Terra: 41.4x106 km Volume: 9.38x1011 km³ (0.866 Terras)
- Dados no PlanetPedia: O planeta rochoso mais próximo da Terra (planeta interior). Ano: ≈ 225 dias terrestres; Dia: $\approx - 243$ dias terrestres; Diâmetro: pouco menor que a Terra; Temperatura: ≈ 450 °C. Visibilidade: sempre perto do Sol. Na mitologia Grega: Afrodite. Na mitologia Romana: Vénus.

Terra

- Escala do astro em *Maya*: 0.920. Distância orbital do astro em *Maya*: 1074.000. É o terceiro planeta a contar do Sol e o quinto maior. Diâmetro médio: 12,742.02 km. Volume: 1.0832×10^{12} km³.
- Dados no PlanetPedia: O maior planeta rochoso do Sistema Solar. Ano: ≈ 365 dias e 6 horas; Distância ao sol: ≈ 150 milhões de km (é a Unidade Astronômica – 1 U.A.); Temperatura média: ≈ 15 °C; Idade: ≈ 4.5 mil milhões de anos. É a nossa casa e de todos os seres vivos – temos que o tratar bem para continuar a ser o “planeta azul”.

Marte

- Escala do astro em *Maya*: 0.490. Distância orbital do astro em *Maya*: 1636.000. É o quarto planeta a contar do Sol e o sétimo em tamanho. Distância média da Terra: 78.3×10^6 km Volume: 1.638×10^{11} km³ (0.151 Terras).
- Dados no PlanetPedia: O planeta rochoso a seguir à Terra, é o “planeta vermelho”. Ano: ≈ 1 ano e 10.5 meses terrestres; Dia: ≈ 24.5 horas; Diâmetro: metade da Terra; Distância ao Sol: ≈ 1.5 U.A.; Temperatura: mínima ≈ -140 °C, máxima ≈ 35 °C. Satélites: *Fobos* e *Deimos*. Na mitologia Grega: Ades. Na mitologia Romana: Marte (deus da Guerra).

Júpiter

- Escala do astro em *Maya*: 10.270. Distância orbital do astro em *Maya*: 5590.000. É o quinto planeta a contar do Sol e o maior (318 vezes a massa da Terra). Distância média da Terra: 628.8×10^6 km. Volume: 1.338×10^{15} km³ (1235.6 Terras).
- Dados no PlanetPedia: O maior planeta do Sistema Solar. É um planeta muito dinâmico. Ano: ≈ 11 anos e 10.3 meses terrestres; Dia: ≈ 9 horas e 55.5 minutos; 11 vezes o diâmetro da Terra; Distância ao Sol: ≈ 5.2 U.A.. Temperatura: ≈ -110 °C; Satélites: 67. Na mitologia Grega: Zeus. Na mitologia Romana: Júpiter (Pai dos deuses).

Saturno

- Escala do astro em *Maya*: 8.370. Distância orbital do astro em *Maya*: 10252.000. É o sexto planeta a contar do Sol e o segundo maior. (318 vezes a massa da Terra). Distância média da Terra: 1.280.4000.000 Km. Volume: $8,2713 \times 10^{14} \text{ km}^3$.
- Dados no PlanetPedia: O segundo maior planeta do Sistema Solar. É o “planeta dos anéis”. Ano: ≈ 29 anos e 5.5 anos terrestres; Dia: ≈ 10 horas e 34 minutos; 9 vezes o diâmetro da Terra; Distância ao Sol: ≈ 9.6 U.A.; Temperatura: ≈ -140 °C. Satélites: 61. Na mitologia Grega: Cronos. Na mitologia Romana: Saturno (deus do tempo).

Úrano

- Escala do astro em *Maya*: 3.370. Distância orbital do astro em *Maya*: 20621.000. É o sétimo planeta a contar do Sol e o terceiro maior. Distância média da Terra: $2721.4 \times 10^6 \text{ km}$ Volume: $6.834 \times 10^{13} \text{ km}^3$ (63.086 Terras).
- Dados no PlanetPedia: O terceiro maior planeta do Sistema Solar. Descoberto telescopicamente. Ano: ≈ 84 anos e 2 meses terrestres; Dia: ≈ 17 horas e 14.5 minutos; 4 vezes o diâmetro da Terra; Distância ao Sol: ≈ 19.2 U.A.; Temperatura: ≈ -220 °C. Satélites: 27. Descoberto em 1781.

Neptuno

- Escala do astro em *Maya*: 3.264. Distância orbital do astro em *Maya*: 32329.000. É o oitavo planeta a contar do Sol e o quarto maior. Distância média da Terra: $4348.66 \times 10^6 \text{ km}$. Volume: $6.2526 \times 10^{13} \text{ km}^3$ (57.723 Terras).
- Dados no PlanetPedia: O menor dos planetas gasosos. Descoberto telescopicamente após cálculos. Ano: ≈ 164 anos e 9.5 meses terrestres; Dia: ≈ 16 horas e 6.5 minutos; 3.9 vezes o diâmetro da Terra; Distância ao Sol: ≈ 30.0 U.A. Temperatura: ≈ -218 °C. Satélites: 14.

Servem estes para noção da relação de escalas e órbitas para, também, a produção do PlanetPedia, numa síntese que se quer educativa e rigorosa.

Materiais de Jogo Adicionais

A incorporação de ficheiros vetoriais a partir do *Adobe Illustrator* para o *Autodesk Maya* para modelação, e posterior exportação para *Unity 3D*, obedece a alguns critérios:

Ausência de guias ou outros referenciais que causem ruído, os elementos têm que ser convertidos em *outlines*, selecionando o menu “Type >> Create Outlines”, e exportação do ficheiro *Adobe Illustrator* na versão 8;

No *Autodesk Maya*, importar o ficheiro .ai previamente produzido, no menu “Surfaces” selecionar “Planar” com o intuito de converter para polígonos, selecionando as definições desejadas. Após este passo, para conferir profundidade ao objeto, menu “Edit Mesh >> Extrude” e mover o eixo Z para atribuir volumétrica.

De realçar que este passo deverá utilizar-se com desenhos 2D, sendo preferível a modelação produzida no *Maya*.

Desenhou-se um logotipo a partir do modelo da Freepik (2016), figura 12, que serve para a função de *Thumbnail* e um desenho que indica os requisitos mínimos, aquando da inicialização, para a aplicação funcionar, na figura13:



Figura 12 - Design Thumbnail do Logotipo adaptado de Freepik (2016)

Requirements:

Android 4.1 JellyBean (at least)

Gyroscope

Accelerometer

GPS



Figura 13 - Pre Loader - Requerimentos de Aplicação - Alexandre Carrança

Sem os sensores giroscópio, acelerómetro e GPS, acrescido de um SO mínimo, a aplicação não se iniciará, estando sempre dependente destes pré-requisitos.

Menu de Jogo

Após o carregamento da *app* entra-se no menu inicial, figura 14, com os componentes necessários, com apontadores, para as diferentes seções do jogo, sendo um espaço de gestão do jogo.

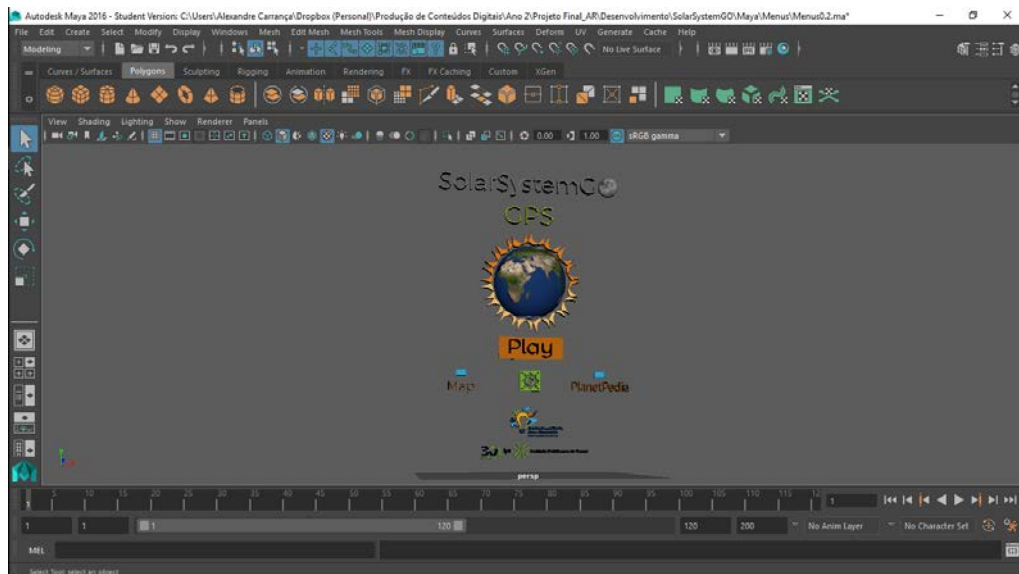


Figura 14 - Modelação do menu inicial para a versão final da aplicação – Alexandre Carrança

Navegação - GPS

Sistema de Navegação

Não obstante a tentativa de usar *beacons bluetooth* para posicionamento *indoor* ou um marcador rádio para dispositivos *Android* que tomasse as coordenadas zero, correspondentes ao Sol, como referência para ambiente multijogador, em total sincronia, a opção viável tornou-se o uso do GPS para atividade outdoors como a solução encontrada, tendo como aspecto inovador a definição de acuidade de 8 metros máximo e o perímetro de 400 m a sua grande vantagem.

Equacionou-se, especialmente, a utilização de um marcador rádio por sinal WIFI, por medição de intensidade de sinal em dB, em que todos os dispositivos fariam atualização da sua posição a partir desse marcador estático. Esta opção foi considerada inadequada, nesta fase, por duas razões, complexidade para o utilizador na configuração e dificuldade de processamento por parte dos dispositivos *mobile* generalistas.

O *Global Position System* (GPS) (<https://www.gps.gov/>) é um sistema de trinta e um satélites, desde outubro de 2017, a emitir sinal rádio propriedade dos Estado Unidos da América, estando em produção a GPS III para futura implementação. É uma tecnologia que revolucionou a navegação através de dispositivos eletrónicos e que está em constante otimização. A Rússia e a China também têm sistemas próprios, menos familiares ao público, o *GLONASS* (<https://www.glonass-iac.ru/en>) e o *BeiDou Navigation Satellite System* (<http://en.beidou.gov.cn>), respetivamente.

A União Europeia está a implementar um sistema próprio, denominado *Galileo*, que presumivelmente, estará completamente ativo na próxima década, prometendo uma acuidade de ~1 metro e que será gratuito ao utilizador (<https://www.gsa.europa.eu/european-gnss/galileo/galileo-european-global-satellite-based-navigation-system>).

Esta diversificação permite concluir que o fator de georreferenciação irá perdurar e que tem pertinência nos sistemas de navegação da RA, principalmente em aplicações para executar em grandes áreas.

Fazendo uso do Campus do IPT enquanto o campo de experiência, foram definidas as seguintes coordenadas representantes enquanto o astro Sol:

GPS inicial (Sol):

39°35'56.4"N 8°23'23.2"W

39.598999, -8.389773

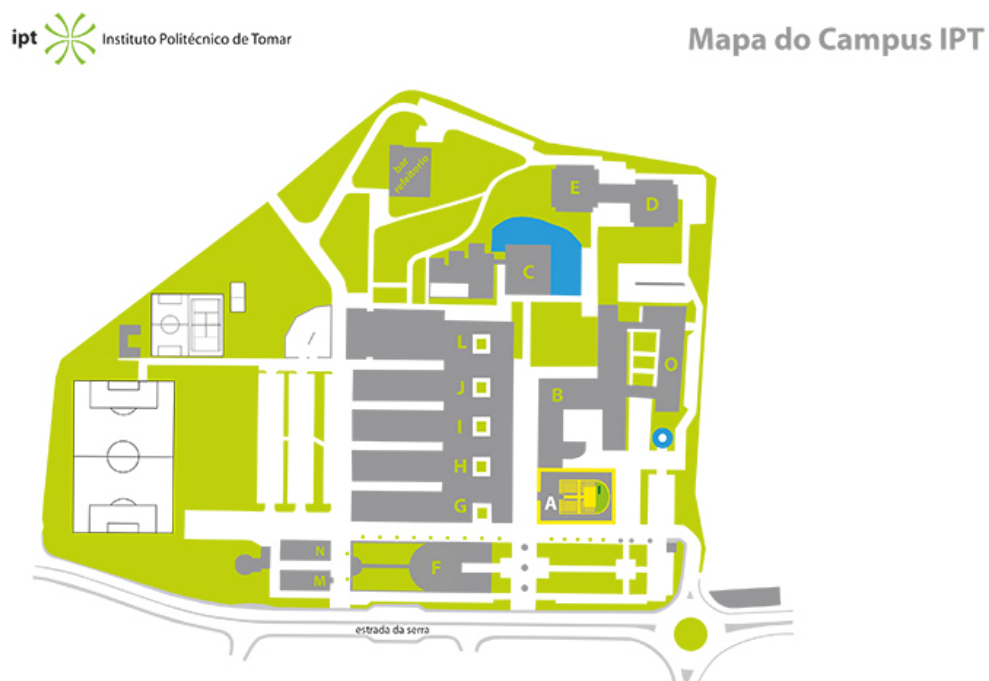


Figura 15 - Mapa do campus do IPT - Espaço piloto do jogo (www.ipt.pt)

Fluxograma do GPS

A câmara de RA assume o GPS enquanto posicionamento do jogador, fazendo o desenho dos objetos digitais restantes em conformidade disso, resolvendo a questão de otimização de tempos de espera para reduzir a latência e desvio da posição correta com uma frequência de atualização na ordem de 1 segundo, esquematizada no fluxograma na figura 16:

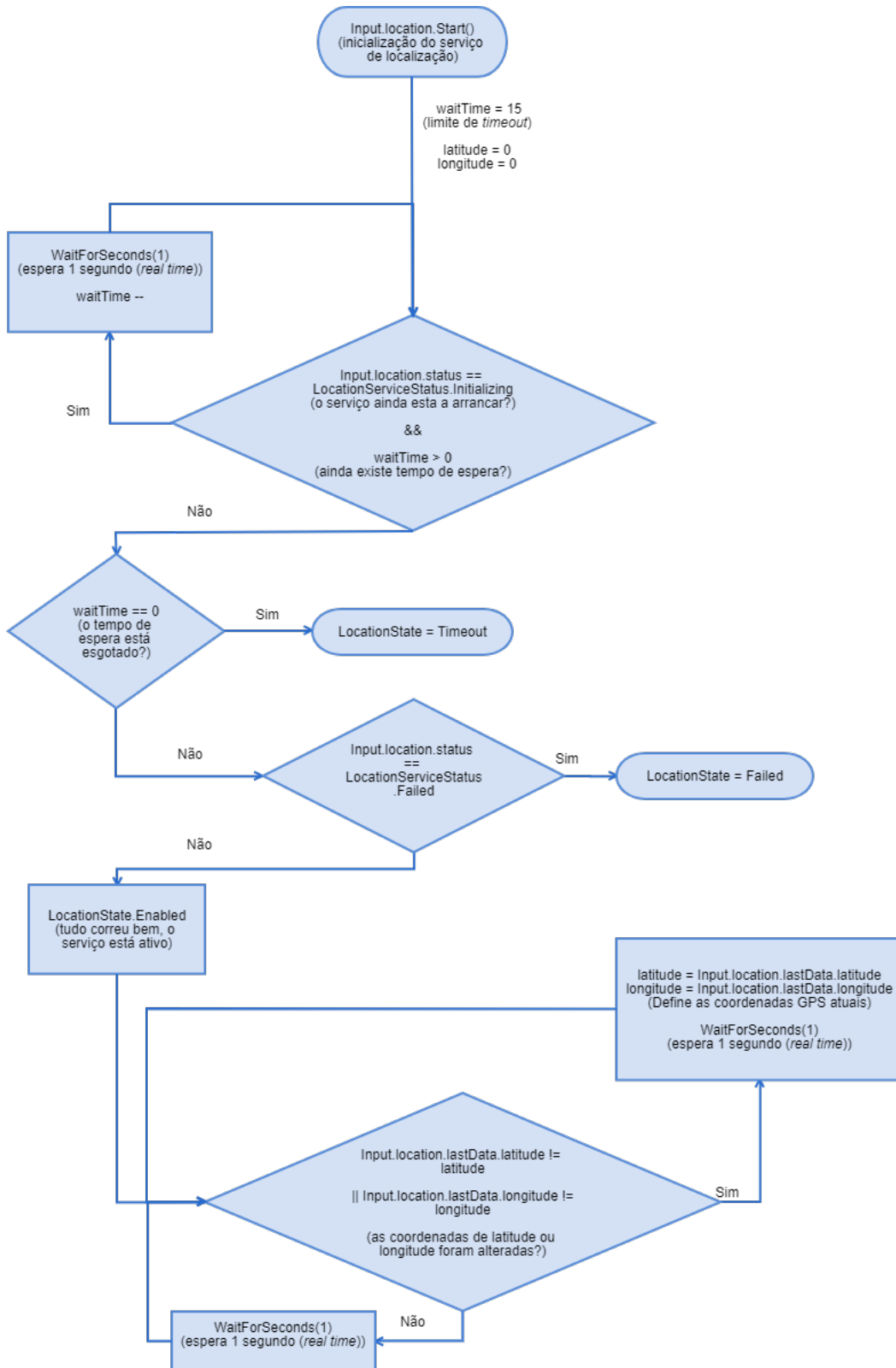


Figura 16 - Fluxograma do funcionamento do GPS - Alexandre Carrança & Bruno Farropo

Motor de Jogo

Configuração

Torna-se obrigatório na indústria de conteúdos digitais desenvolver aplicações *mobile* para estes dois Sistemas Operativos (SO), não havendo questões de preferência. Foi utilizado o sistema Android, propriedade da Google, pela razão dos equipamentos disponíveis, não sendo difícil a exportação a partir do *Unity 3D* da mesma *app* para *iOS*, propriedade da Apple, bastando mudar a plataforma pretendida acedendo a “File >> Build Settings”, figura 17, e seleccionar a plataforma pretendida, com a obrigação ter as API's nativas específica de cada SO instalado no *Unity 3D*:

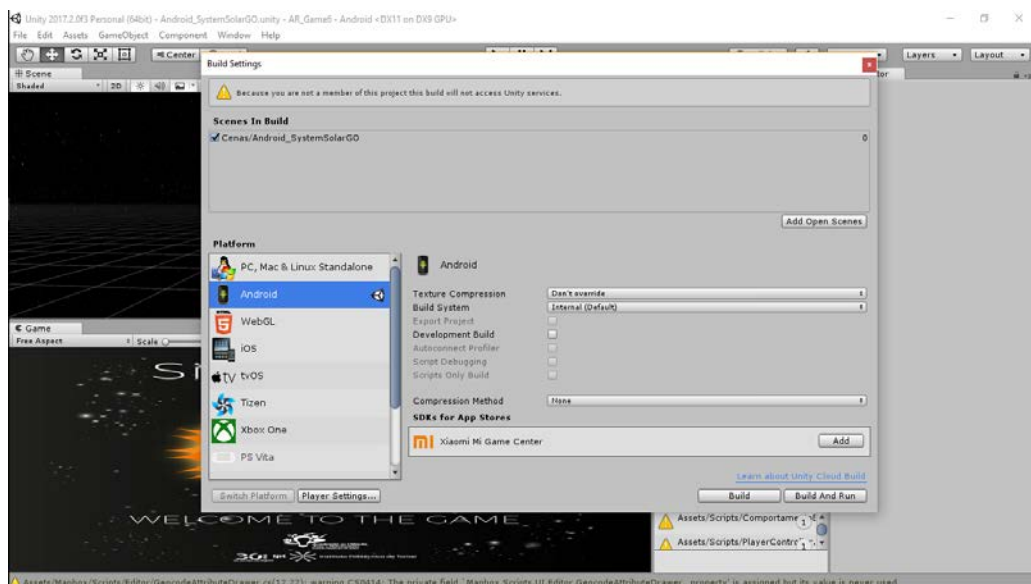


Figura 17 - Configuração do sistema operativo em Unity 3D – Alexandre Carrança & Vadims Zinatulins

A importação dos elementos produzidos no *Autodesk Maya* faz-se no menu “Assets >> Import Package >> Custom Package”.

No nosso caso, para produzir um *.apk* (*android package kit*), formato compilado e comprimido da aplicação, é forçoso indicar o caminho, figura 18, para o Android Studio e o Java SE Development Kit, este pela razão de o Android utilizar a linguagem Java, e a máquina virtual da Oracle, previamente instalados na máquina, seguindo o separador “Edit >> Preferences >> External tools”:

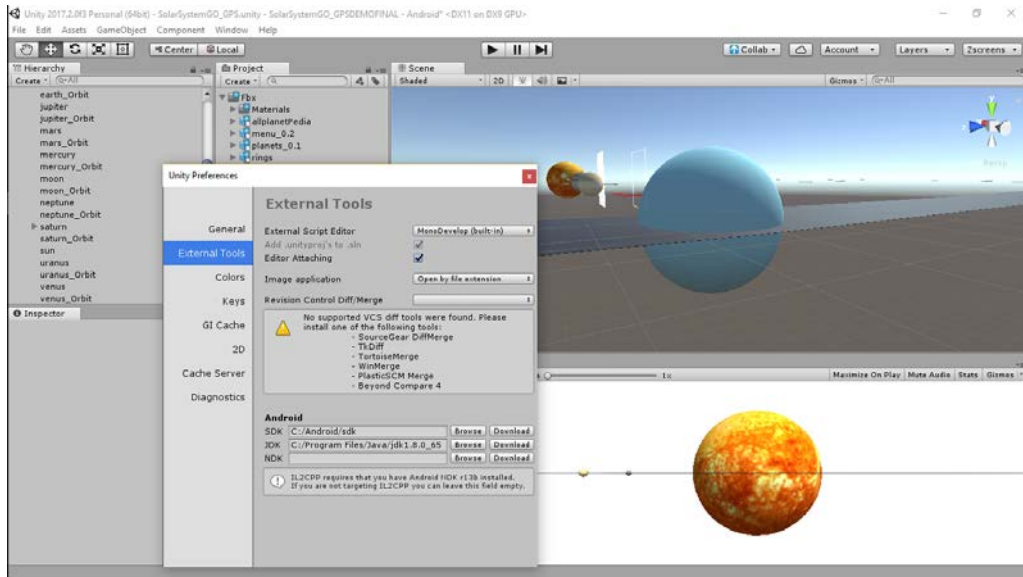


Figura 18 - Ferramentas externas no Unity 3D – Alexandre Carrança & Bruno Farropo

No caso de iOS, para produção de um .ipa (*iOS App Store Package*), basta que API do Unity 3D relativo a esta sistema operativo já esteja instalado e algumas configurações básicas.

Aplicações produzidas em Unity 3D, depois de devidamente testadas, tendem a comportar-se com estabilidade em diferentes equipamentos *Apple*, pela sua arquitetura otimizada. No caso Android, SO generalista, é importante fazer uso de vários equipamentos distintos para testar a estabilidade da aplicação.

A linguagem de programação utilizada é C#, tendo como opção JavaScript, tendo o Unity 3D automatismos que permite a incorporação de comportamentos de outros programas e linguagens de programação sem problemáticas de maior.

Desenvolvimento da Primeira Versão

Na componente de programação foi preponderante o apoio do colega Vadims Zinatulins numa fase inicial, em que a Realidade Aumentada não era parte integrante, mas a componente de jogabilidade foi totalmente definida, completando-se um jogo para prova de contacto.

A mecânica define-se com os astros a girar relativos ao Sol, com áudio ambiente e sons de interação com os elementos, como deteção da órbita, captura do astro ou resposta correta no questionário. Os Componentes de *script* no jogo são:

Jogador, Planetas, Sol, Órbitas, Questionário, Pontuação, *Touch* de Ecrã, Controlador de Estados, Controlador de seleção de botões.

Usou-se os valores indicados na Tabela 1 para precisar a escalabilidade.

Desenvolvimento da Segunda Versão

Com a incorporação da câmara de RA e a navegação com o GPS, dá-se o passo para a implementação da tecnologia desejada, incorporado os elementos previamente desenhados na 1ª versão. Fez-se uso das referências constantes na Tabela 1 com a relação de escalas a ter em conta as dimensões reais e a sua conversão de escala aos astros e respetivos raios orbitais em torno do Sol, produzidos e disponibilizados por Costa (2017):

Tabela 1 - Diâmetro dos planetas e respetivo raio orbital médio em torno do Sol Costa. M.C. (2017)

Sistema Solar	Sol com dimensões reais (Km)		1m=1000mm	
	Diâmetro	Raio Orbital	Diâmetro (mm)	Raio Orbital (m)
Sol	1391900		1000	
Mercúrio	4866	57950000	3,4959408	41,63373806
Vénus	12106	108110000	8,697463898	77,67080968
Terra	12742	149570000	9,154393275	107,4574323
Marte	6760	227840000	4,856670738	163,6899203
Júpiter	142984	778140000	102,7257705	559,0487822
Saturnos	116438	1427000000	83,65399813	1025,217329
Urano	46940	2870300000	33,72368705	2062,145269
Neptuno	45432	4499900000	32,64027588	3232,919032

É no Unity 3D que os dados devem ser rigorosamente inseridos, para respeitar a acuidade dos elementos inserido diretamente no script, convertendo para a unidade de medida interna do próprio Unity. Este ponto deve ser realçado, sendo uma das problemáticas deste motor de jogo, que obriga, por não ter a noção de distância a qualquer unidade de medida válida para o mundo real, a uma complexa conversão, com inerente esforço computacional e espacial, para encontrar a escala e a proporcionalidade desejada.

Na figura 19 o ambiente de implementação da solução em *Unity 3D*:

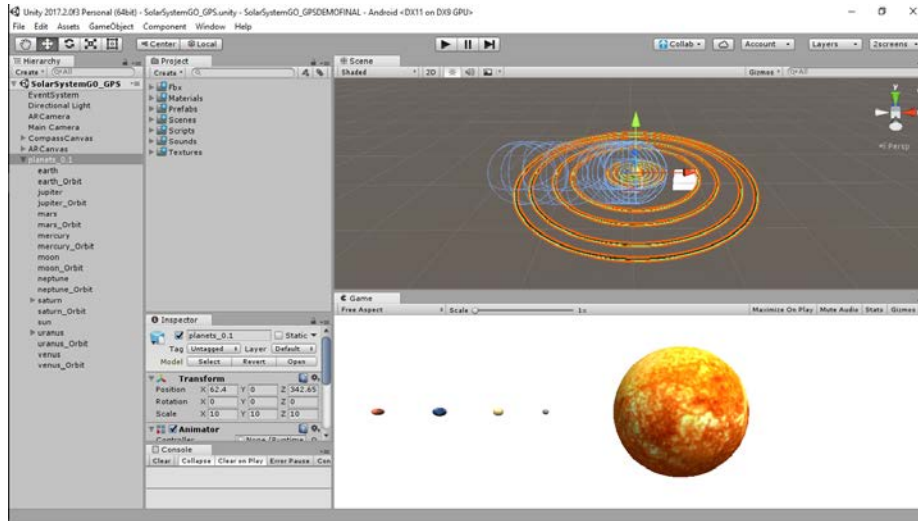


Figura 19 - Componentes do SSGO – Alexandre Carrança & Bruno Farropo

Onde se destaca as duas câmaras e se visualiza a organização dos elementos no jogo. De realçar que há dois ecrãs, o *Scene* em que se interage com os elementos e o *Game* onde se visualiza o resultado.

Realçamos os scripts utilizados, figura 20, sem necessidade de explicitar o código, em que temos o Sol que assume a posição de centro do mundo, com translação dos astros relativo a ele e as órbitas a serem desenhadas conforme a distância programa, sendo o jogador a figura da câmara de RA que será misturada com a câmara do dispositivo móvel.

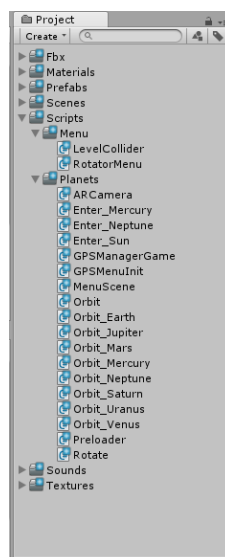


Figura 20 - Scripts utilizados no SSGO – Alexandre Carrança & Bruno Farropo

Na componente de programação foi preponderante o trabalho do colega Bruno Farropo, em que a Realidade Aumentada tornou-se parte integrante, com a integração de um sistema de navegação eficiente numa área de grandeza de ~ 400 metros com recurso a GPS.

A localização precisa obriga ao recurso das API's nativas do sistema operativo utilizado, *LocationManager* no caso *Android* ou *CoreLocation* no caso *iOS*. O *UnityEngine* processa estas funções de forma integrada.

Faz-se uso de 2 *scripts* para inicia o sistema GPS e gerir as coordenadas durante o jogo.

Nesta versão, após a experiência de utilizador que na 1ª versão apontou a dificuldade de visualização dos planetas menores, optou-se por, mantendo as distâncias relativas orbitais, aumentar os planetas, ficando o Júpiter, o maior, com ~ 50% menos dimensão do Sol, um sacrifício do rigor científico em prol da jogabilidade.

Componentes auxiliares do Jogo

Para plena e funcional articulação com o projeto inicial, desenvolveu-se os componentes relativos ao Mapa, PlanetPedia e Menu num projeto *Unity* distinto, bastando exportar esta projeto com as opções “Assets >> Export Package >> Include Dependencies” e importar enquanto “Custom Package” no projeto original, facilitando a sua integração.

Áudio

Produziu-se, a partir de bibliotecas do Kastenfrosch (2012), vários ficheiros áudios para inserção no jogo relativo a comportamentos na app:

- “Affirmative Quiz” – resposta correta no questionário;
- “Audiospace Menu” – Som ambiente durante pausa ou acesso ao menu principal,
- “Intro” – Abertura do jogo;
- “Loader” – Carregamento do jogo;
- “Negative Quiz” – Resposta errada no questionário;
- “Orbit Detection” – Detecção da órbita dum astro;
- “Planet Capture” – Captura dum astro;
- “Space Ambience” – Som ambiente durante o jogo ou “PlanetPedia”

Sítio na Internet

Deixamos a indicação da produção de um sítio na internet para a aplicação alojada no servidor do IPT provisoriamente, construído a partir de um *template bootstrap*, preparado para quando necessário migrar-se para disponibilização ao público, com as opções App Store e Google Play para aplicação futura.



Figura 21 - site SSGO - Alexandre Carranço & Bruno Farropo

Atividade da Academia da Ciência, Arte e Património do IPT

A Academia da Ciência, Arte e Património foi criada em 2013 e integrada nas Unidades de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico e Artístico, do Instituto Politécnico de Tomar. Este é um projeto educativo que centra a sua atuação no estabelecimento de uma visão construtivista do conhecimento, pretendendo oferecer à população local, um conjunto de atividades que permitam construir o conhecimento numa perspetiva experimental, que inclua a manipulação de materiais concretos e a realização de tarefas sobre as quais os participantes possam questionar, observar, refletir, construir e concluir. ACAP (2017).

Fomos convidados para integrar as atividades do natal de 2016 e verão de 2017, com a experimentação de versões distintas do jogo Solar System GO.

Na 1ª versão desenvolveu-se um jogo de caça aos planetas, ainda sem a componente de RA, onde ficou desenhado o perfil do jogo, enquanto na 2ª versão introduziu-se a componente RA, ainda sem a totalidade dos componentes de jogo iniciais, motivado por questões de desenvolvimento, nomeadamente, a implementação estável do sistema de navegação GPS.

1ª Atividade no Natal de 2016

Com um jogo de astronomia implementado, com respeito pela escala tanto das órbitas como dos planetas, tendo um questionário sobre astronomia testou-se com um grupo de quinze crianças com idades compreendidas entre os 8 e 15 anos, reproduzindo-se com fotografias de Costa. M. C. (2016)

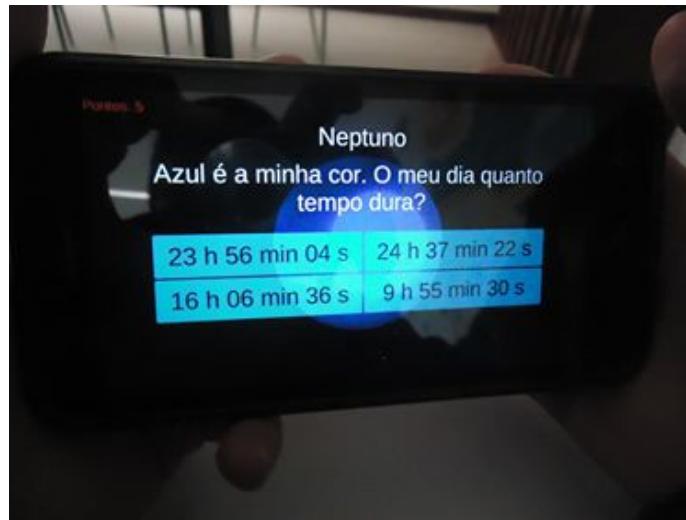


Figura 22 - Natal na Academia (Costa, Solar System GO, 2016) - 1

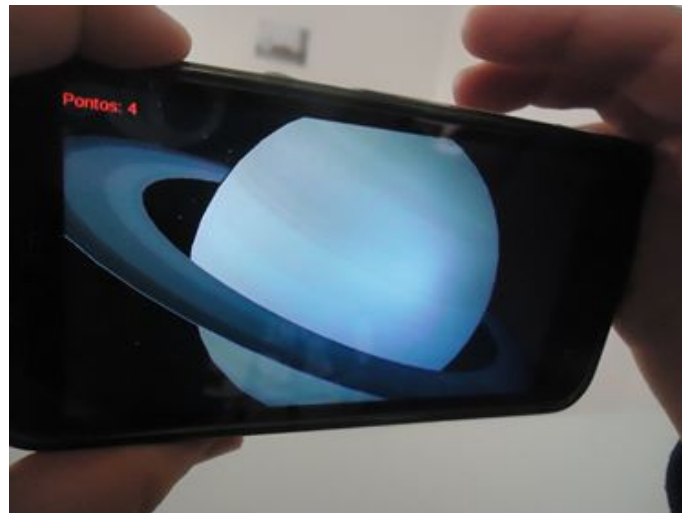


Figura 23 - Natal na Academia (Costa, Solar System GO, 2016) - 2

Constatamos que na primeira versão, um jogo 3D em ecrãs de dispositivos móveis, mantendo a escala dos astros, a experiência de utilizador era difícil e sem consequência,

desinteressando-se facilmente as crianças. Nenhum dos formandos terminou o jogo, mas foram partilhadas sugestões de melhoria.

Na segunda versão, já com a RA implementada, não tendo a ludificação da primeira versão, o entusiasmo e a experiência foi superior, diagnosticando-se uma eficiência nos resultados obtidos. Foi retirado Plutão, por já não ser considerado planeta.

2ª Atividade no Natal de 2016

É dividida em dois momentos, na captura de QR Codes (*Quick Response Codes*), figura 24.1, ocultos nos edifícios no *campus* do IPT com as informações sobre os astros e na caça aos planetas com os dispositivos móveis com RA, com um grupo de 18 elementos, com idades entre os 8 e os 14 anos.

A primeira etapa foi a aquisição dos astros através das figuras QR Codes e leitura dos seus dados, figura 24.2, preparatório para o questionário que é obrigatório no momento da caça aos planetas com RA.

Deixamos o exemplo do Sol, com o *QR Code* (24.1) a ser contruído a partir de um pdf (24.2), desenhando enquanto imagem, com um grau de robustez de nível 4 e a obrigar ao acesso no servidor através da internet, tendo que os *smartphones* ter instalados um *QR Code Reader* genérico:



Figura 24 - com o QR Code do Sol (24.1) e os seus dados (24.2), gerado no QR Code Generator Pro (2017)

As questões são apresentadas numa folha impressa, obrigando à identificação do astro, dificultando as questões, baseadas nas questões de Gonçalves (2014):

Astro nº 1

1 - Sou muito grande e brilhante. Qual a minha temperatura superficial?

- a) 20 °C
- b) 400 °C
- c) -30 °C
- d) 5500 °C

Astro nº 2

Raramente me consegues ver e sou difícil de observar. Porque sou assim “envergonhado”?

- a) porque sou muito escuro
- b) porque sou muito brilhante
- c) porque estou muito perto do Sol
- d) porque estou muito longe do Sol

Astro nº 3

Muito brilhante eu sou, quer de madrugada ou ao anoitecer. Sabes porquê?

- a) porque sou muito maior que a Terra
- b) porque tenho muitas nuvens refletoras
- c) porque giro ao contrário
- d) porque o meu dia é muito grande

Astro nº 4

Sou muito azul e bonita, mas muito antiga. Qual a minha idade?

- a) 6.000 anos
- b) 100.000 anos
- c) 4,5 mil milhões de anos
- d) 3 milhões de anos

Astro nº 5

Tenho duas pequenas luas à minha volta. Sabes os seus nomes?

- a) Fobos e Deimos
- b) Ganimede e Calisto
- c) Umbriel e Titânia
- d) Dione e Titã

Astro nº 6

Sou o maior planeta do sistema solar e tenho dezenas de luas. Quantas vezes sou maior que a Terra?

- a) 4,1 vezes
- b) 99,5 vezes
- c) 45,6 vezes
- d) 11,2 vezes

Astro nº 7

Sou muito bonito com os meus anéis. Quantos anos levo a dar a volta ao Sol?

- a) 6,51 anos
- b) 10,43 anos
- c) 29,46 anos
- d) 107,2 anos

Astro nº 8

Azulado eu sou e rodo deitado. Quando fui descoberto?

- a) em 1492
- b) em 1997
- c) em 1846
- d) em 1781

Astro nº 9

- a) 23 h 56 min 04 s
- b) 24 h 37 min 22 s
- c) 16 h 06 min 36 s
- d) 9 h 55 min 30 s

Esta parte essencial no processo de transmissão de conhecimento, terá que ser revisto para que seja possível a introdução de novas questões, ou pela configuração na própria aplicação com privilégio de administrador ou criando uma base de dados no próprio jogo em que exista um conjunto de questões aleatórias que permita evitar repetições e o conseqüente desânimo do jogador, com atualizações no futuro site do SSGO.



Figura 25 - 2ª atividade SSGO da ACAP, fotografia de Jorge, Mara (2017) - 1



Figura 26 - 2ª atividade SSGO da ACAP, fotografia de Jorge, Mara (2017) - 2



Figura 27 - 2ª atividade SSGO da ACAP, fotografia de Jorge, Mara (2017) - 3

A título meramente indicativo, deixamos os dados recolhidos tendo na Tabela 2 a caracterização do grupo e regras, atividade partilhada com o colega Bruno Farropo:

Tabela 2 - 2ª Atividade ACAP - Enquadramento

2ª Atividade SolarSystemGO - AcademiaCAP	
Total de participantes	17
Divisão por equipa	5 + 4 + 4 + 3
Duração da atividade	
Distribuição de idades	8 aos 14 anos
Regras de pontuação	
1 astro	1 ponto
Resposta Correta	2 pontos
Fator de desempate	Tempo prova decorrido

Tabela 3 - 2ª Atividade ACAP- Resultados

Equipa	Elementos	de que:	Respostas corretas	Respostas incorretas	Correctas (%)	Incorretas (%)	Tempo prova decorrido	Pontuação	Classificação	
IFBM	Bernardo P.	9	9	0	100	0	16 Minutos	18 + 9 (astros)	1º	
	Francisco R.									
	Matilde S.									
	Madalena F.									
Os Bateiros	Inês N.									
	André C.									
	Diana M.									
Roda Mata Velha	Eduardo R.		9	9	0	100	0	19 Minutos	18 + 9 (astros)	2º
	Simão M.									
	Francisco R.									
	Pedro C.	7	2	77,(7)	22,(2)	20 Minutos	14 + 9 (astros)	3º		
António V.										
João R.										
Tiago N.										
King of Computers	Daniela S.	7	7	2	77,(7)	22,(2)	24 Minutos	14 + 9 (astros)	4º	
	Afonso C.									

Tabela 4 - 2ª Atividade ACAP- Estatísticas

Equipa	1 (Sol)	2 (Mercúrio)	3 (Vénus)	4 (Terra)	5 (Marte)	6 (Júpiter)	7 (Saturno)	8 (Úrano)	9 (Neptuno)
IFBM	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Os Bateiros	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Roda Mata Velha	1	1	0	1	1	1	0	1	1
King of Computers	1	1	1	1	1	0	1	0	1
Totais									
Respostas Correctas	4	4	3	4	4	3	3	3	4
Percentagem	100%	100%	75%	100%	100%	75%	75%	75%	100%
Respostas Incorretas	0	0	1	0	0	1	1	1	0
Percentagem	0%	0%	25%	0%	0%	25%	25%	25%	0%

Na tabela 3 reproduz-se os resultados obtidos pelas equipas. Não existe um grupo de controlo nem estamos na esfera científica da educação e apesar da amostragem ser insuficiente, na tabela 4 denota-se uma taxa de sucesso na ordem dos 75%, o que permite, com naturais reservas, advogar a ludificação enquanto veículo de saber científico. Acresce que de 55% das 9 questões foram respondidas de forma correta e cada questão obteve, no mínimo, 3 respostas certas em 4 possíveis.

Por certo, a partir do momento em que o jogo estiver com todos os componentes integrados a experiência será ainda mais produtiva e estimulante. Acrescentamos, a título de curiosidade, que os monitores convidados, partilharam o entusiasmo das crianças, estando considerados na faixa etária de jovens adultos.

Melhorias

Num processo de otimização do processamento gráfico, a opção *Occlusion Culling* é importante, definida na câmara do Unity, porque permite que somente sejam processados os elementos que obrigatoriamente façam parte do enquadramento no visor, não processando restantes elementos que compõem a cena, o que em dispositivos *mobile* é de toda a relevância no esforço computacional dos equipamentos.

PlanetPedia



Figura 28 - Todos os astros presentes no PlanetPedia – Alexandre Carrança

O planetPedia, figura 28, tem a função dentro do jogo de informação adicional dos astros, sequencialmente disponíveis ao utilizador após cada captura. Optou-se por uma questão de gestão de otimização da app em construir essa componente com imagens bidimensionais a

partir da modelação já efetuada, mas inserimos a versão original. As letras foram importadas do *Illustrator* e o astro da modelação feita no *Maya* para conversão bidimensional.

Elementos futuros do Jogo

Modela-se para implementação futura todas as legendas necessárias para este jogo, neste caso em inglês, figura 29, mas facilmente produzidos em português, para auxiliar na definição da jogabilidade.

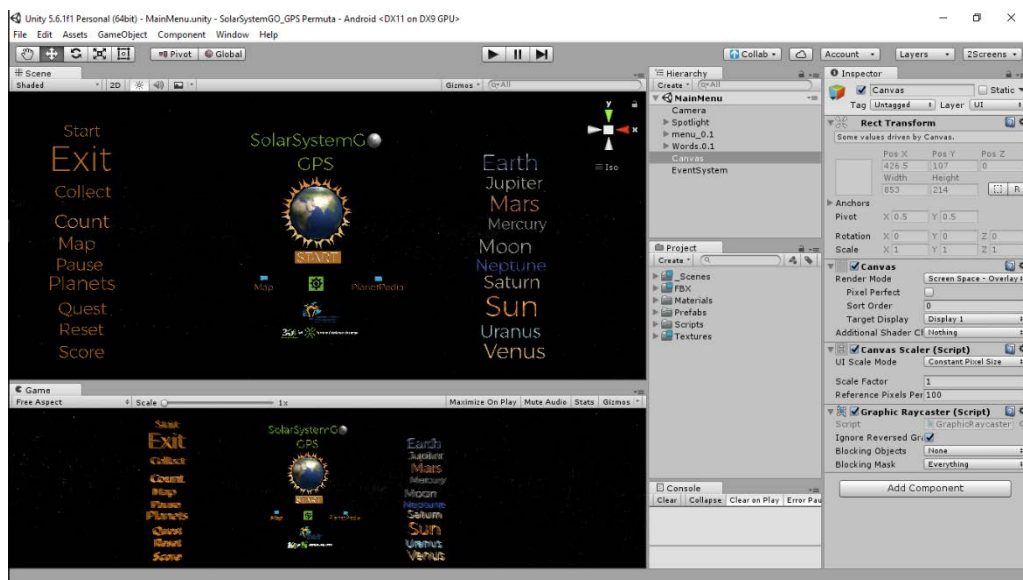


Figura 29 - Palavras de seleção e identificação – Alexandre Carrança

Importa, para melhorar a experiência do jogo, implementar:

- Um radar com a indicação da posição do jogador e astros;
- A inserção da função de deteção do astro a 10 metros de proximidade;
- Função captura dos astros;
- Visualização da pontuação;
- Áudio definido para cada momento do jogo (ambiente, órbita, captura);
- Uma caixa de seleção de GPS (posição atual, inserção manual ou histórico) ;
- Desenvolver os modelos com uma melhor resolução e realismo, com especial destaque à geometria e inclinações, melhorando o realismo do Sistema Solar;
- Acrescentar cinturas de asteroides, sistemas lunares, cometas e outros objetos presentes no nosso Sistema Solar;

- Definir os planetas e órbitas não enquanto círculos, mas eventuais elipses ou esferas achatadas correspondentes à real geometria, tal como a velocidade real das mesmas.
- Produzir versões em português e inglês;
- Introduzir o questionário enquanto processo do jogo.
- No PlanetPedia introduzir visualização do interior do planeta e suas atmosferas.

Na essência é unir a 1ª versão do jogo com a 2ª versão e otimizar os processos e jogabilidade.

Após a otimização do sistema de navegação que diminua o esforço computacional na conversão de distâncias e posicionamento dos elementos, a inserção de componentes referentes ao universo dos videogames, farão desta aplicação uma simbiose entre os videogames e a RA, acrescida da mais-valia de gamificação.

TRABALHO FUTURO – DINOSAURUS GO

A RA aplicada à Museologia, neste caso concreto de Coleções de Paleontologia, é umas das vertentes mais interessantes em espaço *indoor* pelo desafio de desenhar uma arquitetura funcional para a melhor imersão possível.

Este trabalho é eminentemente exploratório, em que se abordam hipóteses para consolidação futura.

O CPGP (Centro Português de Geo-História e Pré-História) tem dois eixos de intervenção, que justificam a pertinência deste trabalho:

Investigação Científica: trabalhos de investigação de campo no âmbito da paleontologia e da arqueologia, trabalhos de gabinete e investigação de laboratório sobre os materiais recolhidos no decurso das campanhas de campo; Colaboração em trabalhos de investigação realizadas por outras instituições que se enquadram na área de estudo do CPGP; desenvolvimento de parcerias através de assinatura de protocolos com outros organismos.

Atividades de divulgação: Desenvolvimento do seu Núcleo Museológico, realização de exposições e conferências em escolas, museus e outros locais públicos, bem como publicações sobre temas ligados ao seu campo de estudo e investigação. CPGP (2017).

Objetivo

A premissa inicial tem que ver com o uso de um marcador físico personalizado para experiência de RA, sendo o molde de uma pegada o marcador pretendido e a projeção do seu desenho digital o objetivo.

Futuramente, produzir objetos digitais com rigor científico potenciando o uso da RA no usufruto no NM (Núcleo Museológico) da CPGP, sito na Golegã, acrescentando valor à experiência do utilizador e atração de novo público.

O trabalho incidirá na recriação do dinossauro ornitópode, presumivelmente um Iguanodon fazendo uso do molde natural de uma pegada existente no NM do CPGP.

Problemática

O marcador inicial, a pegada, está numa caixa de vidro, que produz um efeito de refração e brilhos indesejados, tendo uma textura uniforme (com padrão repetido) que dificulta a sua função de marcador de RA e posicionamento da pegada 3D com a eficiência desejada. A favor tem um conjunto de vértices que diferencia a sua forma e potencia o seu valor enquanto marcador.

Taxonomia da pegada

A pegada foi recentemente classificada como tendo sido produzida por um ornitópode Figueiredo et al. (2017).

Os Iguanodontes eram dinossauros herbívoros da família dos iguanodontídeos. Eram animais de grande porte, que conjuntamente com os hadrossaurídeos eram os herbívoros predominantes durante o período Cretácico (145 – 65 milhões de anos). Estes animais pertenciam ao grupo dos ornitópodes, um subgrupo dos avipélvicos (dinossauros que tinham a cintura pélvica semelhante à das aves. Os ornitópodes apareceram no final do Triásico, diversificaram-se durante o Jurássico e tornaram-se no grupo de herbívoros predominante no Cretácico. Desenvolveram várias famílias: driossaurídeos, heterodontossaurídeos, camptossaurídeos, hadrossaurídeos (os chamados “dinossauros bico-de-pato”) e os iguanodontídeos. Figueiredo (2014).

Os Iguanodontes têm sido recentemente alvo de revisão taxonómica. Atualmente são considerados dois géneros deste grupo: os Iguanodon e os Mantellisaurus. Existem várias espécies identificadas, tais como *I. bernissartensis*, *I. galvensis* e *I. ottingeri*, *M. atherfieldensis* (Paul, 2008).

Utiliza-se as figuras 30, 31 e 32 com os ângulos, profundidade e dimensões em cm a permitir modelação 3D com o rigor desejado, em especial na figura 32, à esquerda, com referencial que serve de base para a modelação da pegada.

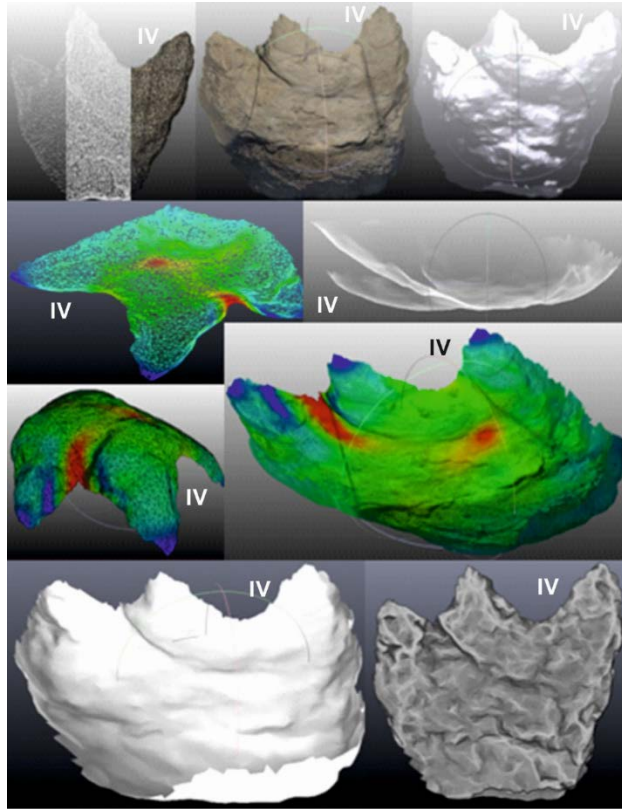


Figura 30 - Virtualização 3D retirada de Figueiredo et al. (2017)

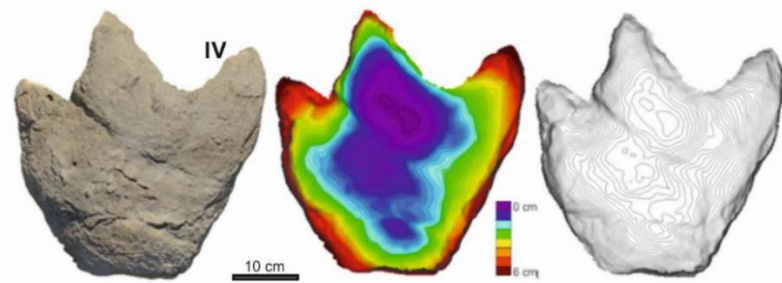


Figura 31 - Topografia retirada de Figueiredo, et al. (2017)

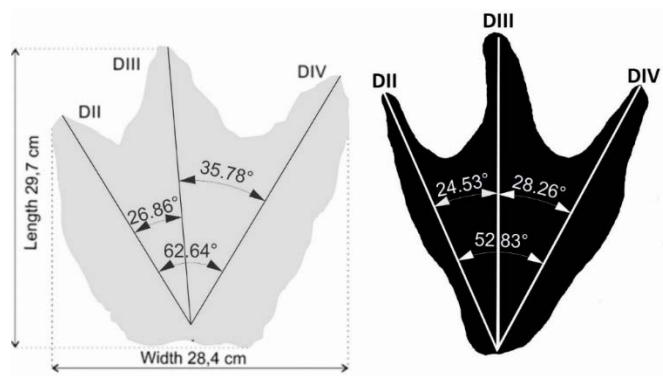


Figura 32 - Ângulos da Pegada retirados de Figueiredo et al. (2017)

Nesta fase é essencial a modelação ser feita já com as medidas à escala e fazer somente uso do motor de jogo para acrescento da RA.

Design

Definimos uma identidade visual a partir do design provisório de Freepik (2016), na figura 33, com a produção de uma identidade gráfica jovem e irreverente para a nossa proposta de aplicação:



Figura 33 - Logotipo do Dinosaurus GO (Freepik, 2016)

API de Realidade Aumentada

De forma a digitalizar o marcador, importa descarregar a aplicação “Vuforia Object Scanner” com as referências em (<https://library.vuforia.com/articles/Training/Vuforia-Object-Scanner-Users-Guide>), que inclui o apk e, muito importante, o “Object Scanning Target”, figura 34, que permite colocar o objeto no canto superior direito e registar as coordenadas 0 a partir do canto inferior esquerdo. A impressão tem que respeitar o tamanho original do documento para não haver erros de digitalização:

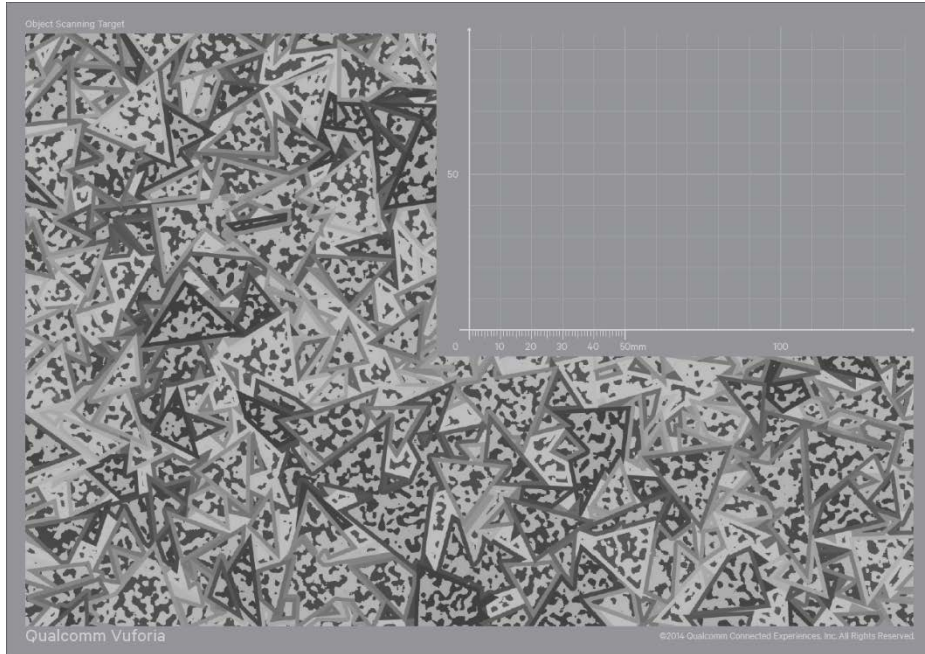


Figura 34 - Object Scanning Target - (Vuforia, 2017)

Realça-se que para o uso correto desta aplicação, tem a limitação de só poder ser utilizado pelo *Samsung Galaxy S6* and *Galaxy S7*.

Fazemos uso desta ferramenta produzindo-se um ficheiro OD (.od) com 22.5 Mb com o molde da pegada digitalizado, enquanto o marcador desejado, figura 35:



Figura 35 - Pegada do de ornitópode, em exposição no NM do CPGP– Alexandre Carrança

Segue-se o carregamento, figura 36, do ficheiro no portal *Vuforia*, seção “Target Manager” que converterá para um ficheiro de base de dados para integração com o *Unity*:

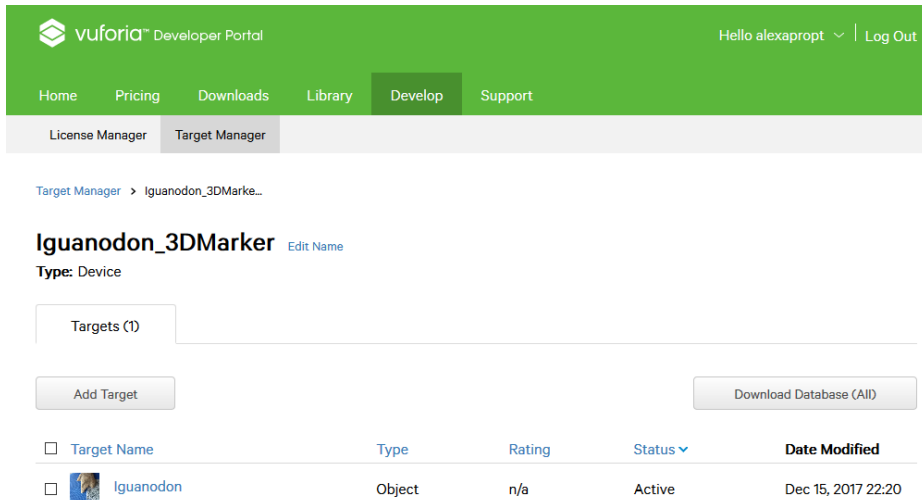


Figura 36 - Base de dados da pegada de ornitópode - (Vuforia, 2017)

Motor de Jogo

Após descarga da base de dados, seleccionando-se o ficheiro de extensão *Unity*, segue-se a transição para o motor de jogo.

A partir da versão do *Unity 2017.2*, o motor *Vuforia* passou a poder ser instalado com o *Unity*, facilitando a integração da RA, na figura 37, bastando no processo de instalação seleccionar o item correspondente:

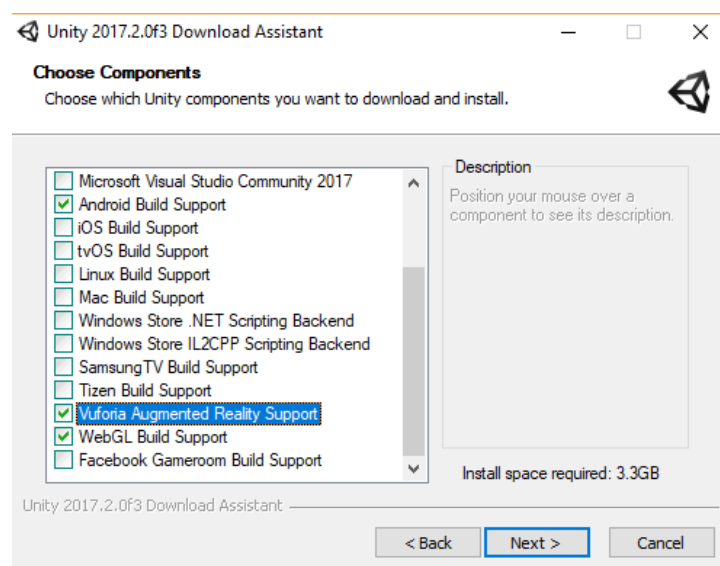


Figura 37 - Instalação do motor de RA Vuforia no Unity 3D - Alexandre Carrança

Produz-se uma modelação genérica, neste caso de um raptor, figura 38, para caso de protótipo na aplicação e testes, não sendo considerado para qualquer validação científica. -

Cria-se um projeto no *Unity* em formato 3D, seleccionando a plataforma *Android*, com alguns passos a ter em consideração. Nas definições de “Player” seleccionar a “Vuforia Augmented Reality Supporter” na seção “XR Settings”.

O *Vuforia* está disponível no menu “GameObjet”, mas também no “Build Settings” e “Player Settings”. Inicia-se com a opção “AR Camera” com a importação automatizada dos componentes necessários. Obrigatório apagar a “Main Camera”.

A experiência e o objetivo, obrigam a uma calibração precisa para sobreposição do modelo 3D no molde da pegada. Respeitar a escala ultrapassa as dimensões do próprio espaço, sendo preferível, somente implementar a pata posterior.

Criado na base de dados *Vuforia* o marcador e feito o download deste, incorpora-se no “ObjectTarget” o apontador para o ficheiro .ot, tal como a modelação da pegada é inserida como “children” deste.

O ajustar das dimensões e posicionamento da câmara é um passo importante, para uma visualização clara, antes de exportar para um ficheiro .apk.

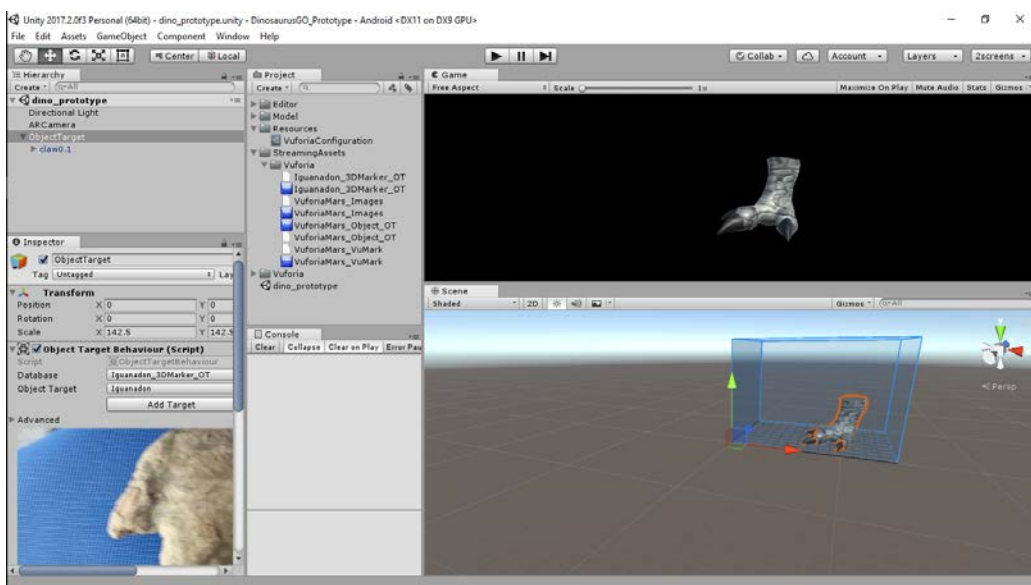


Figura 38 - Protótipo da pegada 3D com Vuforia - Alexandre Carrança

Contudo, a calibração deverá ser feita no local, com os testes que forem necessários, até a sobreposição ser perfeita, mesmo nesta fase de protótipo.

Desafio futuro

Há considerações que importa explicar. O erro estático inerente aos múltiplos dispositivos que funcionam com *Android* delimitam a eficiência da solução futura, onde se requiere precisão no desenho da pegada.

A modelação 3D e suas respectivas texturas terão que atingir perfeição científica, sempre em estreita supervisão de um especialista da CPGP, prevendo-se demorada, aliada a testes *in loco* até atingir o enquadramento perfeito e execução em múltiplos dispositivos *Android*.

Deixamos, a título de exemplo, uma modelação, figura 39, que servirá de referência, produção do coletivo 3D Molier (2010), na previsão visual do que será o dinossauro em causa:



Figura 39 - Modelo 3D (Iguanodon) - (3D Molier, 2010)

CONCLUSÃO

Estando em plena implementação da RA, dependente da tecnologia disponível e numa perspectiva prospectiva, numa área que iniciou os seus passos com Mohring, et al. (2004), não obstante o conceito de RA já ser de 1968 (Sutherland, 1965). Consideramos estar em plena fase de experimentação e desenvolvimento de tecnologias e conteúdos, o que torna impraticável um levantamento exaustivo do seu panorama.

Tim Cook, atual CEO da Apple, definiu a RA como tecnologia nuclear, com maior futuro a longo termo, com o qual partilhamos essa visão (Lamkin, 2017).

A comunicação é o basilar ancestral que une a humanidade e permite a troca de saber. A revolução que surge a partir de meados do séc. XX, responsável da evolução eletrónica e computacional, culminado no uso abrangente da internet, acelerou o quotidiano e substituiu a tradicional reprodução mecânica enquanto veículo de comunicação gradual no espaço e no tempo para codificação binária e transmissão em tempo real. Estamos perante um novo passo evolutivo. Do conceito de comunicação visual a duas dimensões, preparamo-nos para transitar para uma plena reprodução digital a três dimensões.

O processo de aquisição de conhecimento e sua transmissão evoluiu lentamente ao longo da história humana, sobrepondo camadas, desde os primeiros esforços em registar dados, bastando evocar as pinturas rupestres e a música tribal. Com a prensa de Gutenberg, iniciou-se a reprodução mecânica sequencial, dando mais um passo comunicativo, perdendo-se a unicidade, mas alcançando-se a disseminação.

Após a I Revolução Industrial, o conhecimento técnico acelerou e produziu ferramentas. No séc. XX com a barbárie das duas Grandes Guerras, aproveitada também enquanto campo de pesquisa científico, deu-se os primeiros passos para encontrar o princípio de computação, bastando recordar o trabalho de Turing na II Grande Guerra pelos Aliados, descodificando a *Enigma* alemã.

A implementação da *internet*, também ela de origem militar, permitiu implementar, definitivamente, na comunicação imediata e eficiente, o que o telefone ainda não permitia.

Com a invenção do *laser*, também em meados do séc XX, deu-se os primeiros passos para o mundo holográfico, que os militares também tentam, exaustivamente, desenvolver e que será o resolver da questão há muito perseguida dos suportes e leitores de informação.

Segundo Debray (conforme citação de Jeanneret, 1995), acerca da mediologia, sintetiza que este define três etapas de comunicação humanas, seus suportes, a logosfera (palavra), a grafosfera (escrita) e a videoesfera (eletrónica). Esta última ainda serve o paradigma dominante, mantendo o visionamento através de dispositivos eletrónicos, mas limitando o fluxo contínuo que se estabelece entre a tecnologia e o utilizador, altamente dinâmica. Poderemos, fazendo uma adaptação livre, estar no início da digitosfera (aplicações) que abarca o mundo digital que te tornou presença no mundo real, com capacidade interativa, em que o humano se funde com a máquina.

A disseminação dos dispositivos móveis com acesso à rede de internet e capacidade computacional incremental, permite um mundo novo de potencialidades, com as aplicações a saírem do conforto de um computador pessoal para um dispositivo sempre disponível e conectado com o mundo.

Um contra-argumento relativo ao MAR baseia-se na impossibilidade de ser um sistema mãos-livres e das dimensões reduzidas dos ecrãs. A tendência de aumento do tamanho de ecrãs na vertente de *phablets* mitiga um dos pontos. A vantagem de não ser sistema de mãos-livres permite ao utilizador escolher quando utilizar a MAR, associando o facto de os dispositivos móveis serem um objeto pessoal multifacetado e sempre presente.

Há considerações deontológicas aquando da introdução de qualquer tecnologia, sendo também a RA um potencial intruso e passível de um uso abusivo ou indevido. É essencial assegurar que as aplicações ou jogos não abusem dos direitos de privilégio nos equipamentos, nem que a experiência imersiva que se quer voluntária e participativa, acrescentando valor à realidade, se torne intrusiva e vicie o seu potencial.

Existem três desafios relativos na implementação da RA:

- Desenvolvimento de *hardware*, *software* e sensores apropriados;
- Distinção na produção de conteúdos dimensionados para *mobile* ou *headsets*;
- O desconhecimento da tecnologia e sua potencialidade por parte do utilizador.

No campo específico de aplicações para *mobile*, é importante frisar que há três considerações a ter em conta:

- Experiência do utilizador e a sua segurança;
- Otimização dos conteúdos para diferentes SO e equipamentos.
- Constrangimentos na relação Cliente-Servidor (Esforço computacional e espacial dos dispositivos móveis e fluxo de dados entre o utilizador e a internet e/ou GPS).

Há, importa realçar, uma perspetiva que nos parece insatisfatória, na tentativa do mercado da RA em maximizar os *headsets*, em detrimento dos dispositivos móveis, o que deverá ser nivelado com a maturação desta tecnologia. A aposta clara no mercado de jogos na RV é um investimento que a indústria considera viável, que não questionamos pela validade da área, mas em que ponderamos o panorama atual como a condição perfeita para a implementação de RAM e a necessidade de apostar recursos no seu desenvolvimento e, conseqüentemente, seus conteúdos.

A disponibilização de bibliotecas de RA, a par do que é feito no mundo da programação com o uso de bibliotecas externas, com disponibilização de modelos e experiências imersivas já predefinidas, assegura-se uma realidade futura, facilitando o acesso para criação dos conteúdos. De salientar que com as valências que esta tecnologia obriga e equipa interveniente, desde modeladores 3D, programadores, designers, músicos, cientistas e tantos outros, a aquisição ou uso de bibliotecas digitais é um fator positivo a ter em conta quanto os recursos são diminutos e/ou em equipas com poucos elementos.

A massificação de qualquer tecnologia está dependente das condições socioeconómicas dos utilizadores, havendo, naturalmente, perigosidade no difícil acesso às tecnologias, criando bolsas de infoexcluídos, consequência natural das assimetrias sociais, havendo um potencial papel nas instituições de ensino de implementar novas práticas com novas tecnologias.

Os indicadores provisórios, aliados aos estudos que são feitos no papel das tecnologias na educação, especialmente os videojogos, na experiência do SSGO clarificaram a perceção de que com o rigor da ciência e suas metodologias é possível produzir uma aplicação de jogo *mobile* que incremente o conhecimento enquanto desafio a superar com o entusiasmo habitual dos jogadores.

No caso do Dinosaurus Go, permitir ao utilizador a imersão e experiência com uma realidade anterior à existência humana é potenciar viagens no tempo mentais que acrescentam dimensão aos sentidos e conseqüente melhor conhecimento dos objetos.

Contudo, o público-alvo não deverá restringir-se a crianças e jovens. Há adultos e idosos, apesar da problemática abordada na taxonomia geracional, que terão todo o interesse em participar e, ao divertir-se, aprender. Bastará ter em conta as especificidades de eventual mentoria aquando das atividades e desenho das aplicações direcionados para essa necessidade, especialmente no projeto SSGO.

Apesar de na componente Dinosaurus GO não ter sido possível implementar a solução, a metodologia está definida e bastará dedicação ao desenvolvimento e testar sistematicamente até atingir o objetivo pretendido.

Associado ao surgir de soluções tecnológicas nesta área, é certo que o trabalho dedicado ao desenvolvedores e criativos tornar-se-á mais fácil e intuitivo.

No caminho previsto da RI (Realidade Imersiva), há uma questão preponderante na aceitação destas tecnologias com a intrusão das experiências. A RAM tem uma vantagem clara neste assunto, com o uso dos *mobile* a permitir ao utilizador ser um agente voluntário na RI, em que os *headsets* são permeáveis a inserções, especialmente em campanhas de *marketing* agressivas.

A dicotomia entre a RA e a RV não representa conetividade direta, nem soma zero. Prevê-se o incremento exponencial da RA no quotidiano, nas múltiplas plataformas *mobile*, mas defende-se que a RV tem o seu espaço neste mundo tecnológico, sendo essencial para ambientes de simulação que se pretendem os mais imersivos possíveis, como cenários de simulação aeroespaciais ou testes de produto. A clara aposta da indústria de videojogos fará pela RV o papel de potenciador na utilização doméstica.

Teremos que aguardar a disponibilização do suporte holográfico para equacionar o abandono destas tecnologias, mantendo-se a necessidade de conteúdos digitais, mas dimensionados para outros leitores. Numa perspectiva prospetiva, tal não será viável num contexto de massificação durante as próximas décadas, janela temporal ideal para a produção de conteúdos digitais adaptados à RA.

A IA (Inteligência Artificial) facilitará a criação de novos conteúdos, auxiliando os humanos criativos, não os substituindo, mas acrescentado fatores à componente “humano aumentado” (Downey, 2016). Contudo, a substituição do humano nas tarefas de produção por máquinas cognoscentes prevê que a produção de conteúdos se faça para o consumidor normal, não havendo necessidade nas práticas industriais, o que poderá influenciar a segmentação dos fabricantes.

Prevê-se a mudança de paradigma de alojamento e processamento das aplicações, a ser reservado em alojamento *cloud* em detrimento do utilizador, mas dependente da próxima implementação do 5G, evitando a reclamação mais usual nos utilizadores, que é falta de espaço na memória do dispositivo. Com a introdução da computação quântica as possibilidades de processamento crescerão exponencialmente e as aplicações poderão permitir-se um grau de complexidade muito superior.

Na verdade, toda a tecnologia imersiva procura atingir o estado holográfico, em que, no estado ideal, não necessitará de equipamentos interpostos para aceder ao tridimensional. A Realidade Imersiva contabiliza essa dinâmica e não altera a necessidade de construção de modelos 3D.

A RA e RV será uma tecnologia que marcará o séc. XXI e a sua substituição ou adaptação será por força da introdução do holográfico.

De qualquer modo, as tecnologias são adaptadas, revisitadas, mas raramente abandonadas.

No ruído em que a bolsa enciclopédica presente na internet cresce a um ritmo exponencial e sem uma regulação precisa, a consideração de utilizar a tecnologia de RA, com toda a validação científica possível, condição *sine qua non*, permite a integração lúdica do saber e sua perceção, conjugando o útil ao agradável, plena gamificação.

É de apostar na simbiose entre a comunidade científica e o desenvolvimento de conteúdos digitais aplicados à RA, sendo o momento ideal para iniciar essa dinâmica. A tecnologia ao serviço do saber e do ser.

BIBLIOGRAFIA

- 3D Molier. (2010). *Iguanodon*. Obtido em 15 de 2 de 2017, de <https://www.turbosquid.com/3d-models/dinosaur-iguanodon-rigged-max/548569>
- Academia da Ciência, Arte e Património do IPT. (2017). *ACAP*. Obtido em 5 de 10 de 2017, de www.academiacap.ipt.pt
- ARM. (1995-2017). *ARM Mobile*. Obtido em 10 de 12 de 2017, de <https://www.arm.com/markets/mobile>
- Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2009). The Internet of Things: A survey. *Netw*, pp. 1-13.
- Augment. (4 de 12 de 2016). *Infographic: The History of Augmented Reality*. Obtido em 25 de 9 de 2017, de <http://www.augment.com/blog/infographic-lengthy-history-augmented-reality/>
- Autodesk Maya. (2017). *Autodesk's Maya Forums*. Obtido em 3 de 2 de 2017, de <https://forums.autodesk.com/t5/maya/ct-p/area-c2>
- Azuma, R. T. (1997). A Survey of Augmented Reality. *Presence: Teleoperators and virtual environments*, 355-385.
- Caudell, T., & Mizell, D. (1992). Augmented reality: an application of heads-up display technology to manual manufacturing processes. *Proceedings of the Twenty-Fifth Hawaii International Conference, vol.2*.
- Centro Português de Geo-História e Pré-História. (2017). *CPGP*. Obtido em 10 de 10 de 2017, de <http://www.cpgp.pt>
- Costa, M. C. (2016). Solar System GO. *1ª atividade Solar System GO - Natal*. Academia da Ciência, Arte e Património, Tomar. Obtido em 5 de 12 de 2017
- Costa, M. C. (2017). *Diâmetro dos planetas e respetivo raio orbital médio em torno do Sol*. Instituto Politécnico de Tomar, Matemática e Física, Tomar.
- Dawson, R. (2010). *Map of the Decade: 2010s*. Obtido em 21 de 12 de 2016, de <https://rossdawson.com/frameworks/map-of-the-decade/>
- Deloitte. (2015). One billion smartphone upgrades. London: The Creative Studio at Deloitte. Obtido em 7 de 11 de 2017
- Deterding, S. (2015). The Lens of Intrinsic Skill Atoms: A Method for Gameful Design. *HUMAN-COMPUTER INTERACTION*, pp. Volume 30, pp. 294-335.

- Downey, S. (25 de October de 2016). *The Gigantic List of Augmented Reality Use Cases*. Obtido em 8 de 11 de 2017, de uploadvr: <https://uploadvr.com/augmented-reality-use-cases-list/>
- Fierce Wireless. (22 de 6 de 2015). *ITU outlines 5G roadmap towards 'IMT-2020'*. Obtido em 23 de 11 de 2017, de <https://www.fiercewireless.com/europe/itu-outlines-5g-roadmap-towards-imt-2020>
- Figueiredo, S. (2014). *Os Dinossáurios em Território Português: as espécies, as jazidas e os fósseis*. Lisboa: Chiado Editora.
- Figueiredo, S., Dinis, P., Belo, J., Rosina, P., & Strantzali, I. B. (2017). A new record of a possible ornithopod footprint from the Lower Cretaceous of Cabo Espichel. *Bollettino della Società Paleontologica Italiana*, 2, pp. 217-231.
- Freepik. (2016). *Designed by Freepik*. Obtido em 5 de 12 de 2016, de www.freepik.com
- Gonçalves, R. (2014). *Sistema Solar*. Apresentação no âmbito da Academia de Ciências, Arte e Património, Instituto Politécnico de Tomar, Física, Tomar. Obtido em 30 de 11 de 2016
- Google. (2017). *Augmented Reality*. Obtido em 1 de 12 de 2017, de Google Trends: <https://trends.google.pt/trends/explore?date=all&q=Augmented%20Reality>
- Holloway, R. L. (1997). Registration Error Analysis for Augmented Reality. *Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), 413-432.
- Huang, Z., Hui, P., Peylo, C., & Chatzopoulos, D. (2013). Mobile Augmented Reality Survey: A Bottom-up Approach. Obtido em 8 de 11 de 2017, de arXiv preprint [arXiv:1309.4413](https://arxiv.org/abs/1309.4413)
- International Data Corporation. (2017). *Worldwide Quarterly Mobile Phone Tracker*. Obtido em 2 de 12 de 2017, de <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS43258317>
- Jeanneret, Y. (1995). La médiologie de Régis Debray. *Communication et langages*, n°104 - 2ème trimestre, pp. 4-19.
- Jet Propulsion Laboratory. (2008). Planets and Pluto: Physical Characteristics. *California Institute of Technology*. Obtido em 1 de 12 de 2016, de Solar System Dynamics: https://ssd.jpl.nasa.gov/?planet_phys_par
- Jorge, M. (2017). *Solar System GO. 2ª atividade Solar System GO*. Academia da Ciência, Arte e Património, Tomar. Obtido em 10 de 11 de 2017
- Kastenfrosch. (5 de Agosto de 2012). *Game Sound Effects*. Obtido em 2016, de FreeSound: <https://freesound.org/people/Kastenfrosch/packs/10069/>

- Kovess-Masfety, V., Keyes, K., Hamilton, A., Hanson, G., Bitfoi, A., Golitz, D., & ... & Otten, R. (2016). Is time spent playing video games associated with mental health, cognitive and social skills in young children? *Soc Psychiatry Psychiatr Epidemiol*. doi:<https://doi.org/10.1007/s00127-016-1179-6>
- Lamkin, P. (2017). *Apple AR Smart Glasses Tipped For 2017 Reveal*. Obtido em 2017, de Forbes: <https://www.forbes.com/sites/paullamkin/2017/01/10/apple-ar-smart-glasses-tipped-for-2017-reveal/#25243acb7618>
- Marczewski, A. (2013). *Gamification: a simple introduction*. Andrzej Marczewski.
- Milgram, P., & Kishino, F. (1994). *A taxonomy of mixed reality visual displays*. IEICE Transactions on Information and Systems, 77, 1321-1329.
- Mohring, M., Lessig, C., & Bimber, O. (2004). Video See-Through AR on Consumer Cell Phones. *Proceedings of ISMAR*, 252–253.
- Moratalla, J. J. (1988). *Yacimientos paleoicnológicos de La Rioja. (Huellas de dinosaurios)*. Iberdrola y Gobierno de la Rioja:95pp.
- NASA. (1998). *Solar System*. (P. Davis, Editor, A. Wessen, Produtor, & NASA Planetary Science Division) Obtido em 16 de 11 de 2016, de Solar System Exploration - NASA Science: <https://solarsystem.nasa.gov/planets/>
- National Museum of Natural History. (2017). *Skin & Bones*. Obtido em 24 de 11 de 2017, de <http://naturalhistory.si.edu/exhibits/bone-hall/>
- Neumann, J. v., & Morgenstern, O. (1944). *Theory of Games and Economic Behavior*. Princeton: Princeton University Press.
- Paul, G. S. (2008). A revised taxonomy of the iguanodont dinosaur genera and species. *Cretaceous Research*, 29 (2), pp. 192-216.
- PwC. (2017). *2017 Global Digital IQ Survey: Augmented reality*. Obtido em 8 de 10 de 2017, de <http://usblogs.pwc.com/emerging-technology/2017-digital-iq-ar/>
- QR Code Generator Pro. (2017). *Qr Code Generator*. (D. W. INCORPORATED, Ed.) Obtido em 28 de 5 de 2017, de <https://app.qr-code-generator.com/site/login>
- Ramos, J. P. (2016). *Fundamentos para uma Prospetiva Sociotecnológica da Indústria dos Conteúdos Digitais, para os Anos 20*. Apresentação no âmbito da cadeira de Seminário I, Instituto Politécnico de Tomar, Engenharia Informática, Tomar.
- Rolland, J. P. (2000). Optical versus video see-through head-mounted displays in medical visualization. *Teleoperators and Virtual Environments*, 9(3), 287-309.

- Rolland, J. P., & Holloway, R. L. (1995). Comparison of optical and video see-through, head-mounted displays. *Telem manipulator and Telepresence Technologies*, 2351, 293-308.
- Schmalstieg, D., & Hollerer, T. (2016). *Augmented Reality: Principles and Practice*. Addison-Wesley Professional.
- Solar System Scope. (2010). *Solar Textures*. (Inove, Produtor) Obtido em 25 de 10 de 2016, de <https://www.solarsystemscope.com/textures>
- Sutherland, I. E. (1965). The ultimate display. *Multimedia: From Wagner to virtual reality*.
- Unity 3D. (2017). *Learn*. Obtido em 6 de 1 de 2017, de <https://unity3d.com/pt/learn>
- Vito Technology Inc. (2009). *Star Walk HD - Night Sky Map*. Obtido em 15 de 11 de 2017, de App Store: <https://itunes.apple.com/us/app/star-walk-for-ipad-interactive/id363486802?mt=8>
- Vuforia. (2017). *Developer Portal*. Obtido em 17 de 01 de 2017, de <https://developer.vuforia.com/>
- Whitmore, A., Agarwal, A., & Xu, L. D. (2014). The Internet of Things - A survey of topics and trends. *Springer Science+Business Media New York*, p. 265.
- WJSchroer Company. (2017). *Generations X,Y, Z and the Others*. Obtido em 24 de 9 de 2017, de <http://socialmarketing.org/archives/generations-xy-z-and-the-others/>
- Zhou, F., Duh, H. B., & & Billinghamurst, M. (2008). Trends in Augmented Reality Tracking, Interaction and Display: A Review of Ten Years of ISMAR. (I. C. Society, Ed.) *Proceedings of the 7th IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality* (pp. 193-202), p. 7.