



APRENDIZAGEM BASEADA EM JOGOS: REALIDADE AUMENTADA NO ENSINO DE SÓLIDOS GEOMÉTRICOS

Rui Manuel Vieira Leitão

Dissertação para obtenção do grau de
Mestre em Expressão Gráfica e Audiovisual

Trabalho efetuado sob a orientação do
Professor Doutor Adérito Fernandes Marcos
Co-Orientador Professor Doutor João Miguel Fernandes Rodrigues

Outubro, 2013

Agradecimentos

Aos meus orientadores, Professor Adérito Marcos e Professor João Rodrigues, pelo valioso sentido crítico que, desde o princípio, souberam transmitir. Em especial, ao Prof. João Rodrigues pelo seu apoio e disponibilidade permanente em ajudar de forma inigualável e que marcou para sempre este meu percurso.

À minha família pela paciência, educação e amor, sentimentos os quais fizeram com que eu tivesse determinação por mais este passo.

À Cristina Sin por ser o elo de ligação entre tudo.

Resumo

As tecnologias digitais têm vindo a aumentar na diversidade e nas suas possibilidades, proporcionando novas oportunidades de transferência de conhecimento. No ensino, soluções de realidade virtual e aumentada têm vindo a ser utilizadas, explorando diferentes modalidades de interação e envolvimento dos alunos. Baseadas em princípios pedagógicos construtivistas, pretendem proporcionar ao aluno/utilizador acesso efetivo à informação em situações de experiências imersivas em tempo real. Uma das abordagens que tem ganho interesse é a aprendizagem baseada em jogos.

Este projeto contempla o desenvolvimento de um jogo digital em contexto de atividades de ensino-aprendizagem que visa ajudar os alunos a adquirirem conhecimentos através de realidade aumentada, no campo da geometria. Pretende-se desenvolver um jogo que permita aos alunos do primeiro ciclo uma melhor capacidade de visualização das figuras geométricas no plano e no espaço; a compreensão de propriedades de sólidos geométricos; e a familiarização com o vocabulário próprio da geometria.

Palavras-chave:

Geometria, aprendizagem baseada em jogos (GBL), *gamification*, realidade aumentada, tecnologia educativa.

TITLE:

Game Based Learning: Augmented Reality in the teaching of geometric solids

Abstract

Digital technologies have been growing in diversity and the possibilities they offer have increased, providing new opportunities for the transmission of knowledge. In teaching, the use of virtual and augmented reality has been on the rise, exploring different means of interaction and student engagement. Based on constructivist pedagogic principles, those pretend to provide the learner/user with effective access to information through real-time immersive experiences. Game-based learning is one of the approaches that have received growing interest.

This project contemplates the development of a digital game in a teaching and learning context, which aims to help students acquire knowledge in the field of geometry with the help of augmented reality. The game is intended to develop the following competences in primary school learners: a better visualization of geometric objects on a plane and in space; understanding of the properties of geometric solids; and familiarization with the vocabulary of Geometry.

KeyWords:

Geometry, game based learning (GBL), gamification, augmented reality, educational technology.

Índice

Agradecimentos.....	3
Resumo.....	5
Abstract.....	7
1 Introdução.....	13
1.1 Enquadramento e objetivos.....	16
1.2 Metodologia.....	17
1.3 Principais contribuições.....	19
1.4 Vista geral.....	19
2 Estado de arte e conceitos gerais.....	21
2.1 Projetos já implementados.....	22
2.2 Aprendizagem baseada em jogos	25
2.3 Gamification e a abordagem através de Design Thinking.....	28
2.4 Aplicações para o desenvolvimento de o jogo com suporte em Realidade Aumentada	35
3 Preparação e desenvolvimento do jogo.....	43
3.1 Preparação.....	43
3.2 Pré-produção.....	49
3.3 Desenvolvimento	51
3.4 Testes e ajustes.....	57
4 Resultados.....	59
4.1 Utilização do Jogo.....	59
4.2 Testes.....	61
4.3 Discussão de resultados.....	64
5 Conclusões e trabalhos futuros.....	67
5.1 Conclusões.....	67
5.2 Trabalhos futuros.....	68
Bibliografia.....	71
Apêndice A.....	77

Índice de figuras

Figura 1: Jogo “vertice”.....	44
Figura 2: Storyboard animação do objeto nível 01.....	45
Figura 3: Storyboard do nível 01 correspondente à interação com o toque de um vértice.....	45
Figura 4: Storyboard desenvolvimento nível 01.....	46
Figura 5: Storyboard desenvolvimento do nível 02 com o caso das arestas.....	47
Figura 6: Storyboard do nível 03 correspondente à face de um triângulo.....	47
Figura 7: Fluxo de dados.....	48
Figura 8: Elementos da Interface.....	49
Figura 9: Desenho da construção de sólidos e figuras geométricas e a sua exportação em Blender.....	50
Figura 10: Marcador (padrão de reconhecimento).....	51
Figura 11: Desenvolvimento do jogo em Unity.....	52
Figura 12: Criação da base de dados na aplicação Vuforia.....	53
Figura 13: Configuração da extensão Vuforia.....	54
Figura 14: Visualização da cena. Image Target com modelo 3D.....	55
Figura 15: Animação e construção de código em Java Script.....	56
Figura 16: Aplicação a funcionar em Sony Xperia 3.2.”.....	58
Figura 17: Turma 2 em interação com jogo.....	60
Figura 18: Identificação de arestas pelos alunos da Turma 1.....	61
Figura 19: Identificação de vértice pelos alunos da Turma 1.....	61
Figura 20: Identificação de face pelos alunos da Turma 1.....	62
Figura 21: Identificação de aresta pelos alunos da Turma 2.....	62
Figura 22: Identificação de vértice pelos alunos da Turma 2.....	62
Figura 23: Identificação de face pelos alunos da Turma 2.....	63

Capítulo I

1 Introdução

Soluções de realidade virtual e aumentada têm vindo a ser utilizadas no segmento de ensino explorando diferentes modalidades de interação de forma a proporcionar ao aluno/utilizador acesso efetivo de informação em situações de experiências imersivas em tempo real. Juntamente com isso, as tecnologias digitais têm continuado a aumentar na diversidade e nas suas possibilidades, proporcionando novas oportunidades de transferência de conhecimento.

Uma das possibilidades de aprendizagem que tem ganho interesse são os jogos digitais de base educacional. A ideia de aprender a jogar continua a ser bastante atrativa na área educativa.

Tendo em conta as atuais possibilidades tecnológicas e a popularidade dos jogos, o interesse em jogos educacionais está notavelmente em crescimento (Bie & Lipman, 2012). As evidências de que os jogos por computador rapidamente se tornaram um entretenimento dominante encontram-se no volume das suas vendas, nas estatísticas da sua utilização e nas pesquisas acerca da opinião pública (Gartner, 2011). Tobias & Fletcher (2011) afirmaram que por esse mesmo motivo também não é surpreendente que professores e formadores de diversos setores, considerem usarem jogos na transferência de conhecimento.

Por outro lado van Eck (2006) alerta os acadêmicos para os perigos advindos, ao tornarem tudo um jogo, e com isso retirarem o prazer do jogar. Isto em resultado das experiências das plataformas de software educacionais da última década que no lugar de aproveitarem o poder dos jogos para a transferência de conhecimento, desenvolvem jogos aborrecidos que afetam a aprendizagem. Justifica estes casos devido aos jogos serem desenvolvidos por acadêmicos com pouco ou nenhum conhecimento de arte, ciência e cultura de *design* de jogos (van Eck, 2006).

O conceito de jogar está associado ao prazer. E o aprender a jogar torna-se muito mais aliciante visto ser encarado como uma escolha própria em vez de uma imposição. Os jogos possuem elementos competitivos numa variedade de áreas de conhecimento, que podem motivar pelo desafio, fantasia e curiosidade.

A teoria construtivista apoia o conceito de experiência de aprendizagem ativa, que permite ao aluno ligar-se diretamente ao saber para criar novo conhecimento e ter como resultado a melhoria do raciocínio e da resolução de problemas (Huang et al., 2010). Neste contexto descreve-se porque os jogos digitais de base educativa são efetivos e envolventes, pois desta forma o conhecimento se constrói pela atividade e interação do sujeito com o meio envolvente num processo contínuo e ativo como resposta aos estímulos exteriores.

O construtivismo é uma teoria de aprendizagem que surge a partir de experiências de Jean Piaget através da observação de crianças. Atualmente é um tema muito debatido, com os defensores e opositores igualmente inflexíveis e emocionalmente envolvidos em relação aos seus pontos de vista, segundo Barrett & Long (2012). Os autores pensam que existem equívocos nos dois lados do debate, e que abusos da terminologia e atribuição são bastantes.

A multimídia e os interfaces humano/computador estão constantemente a criar novos desafios que provocam o desenvolvimento de novas ferramentas, que fomentam um gênero de aprendizagem mais colaborativa e logo mais envolvente, levando a que o aluno participe ativamente na construção de conhecimento. Neste contexto, a realidade virtual e aumentada (RV/RA) oferece funcionalidades que melhoram a imersão, interação e imaginação que se conectam a uma aprendizagem num quadro construtivista. Além disso aumentam o construtivismo social, aumentando a independência, mas também a interação entre os alunos.

A integração do computador no processo ensino/aprendizagem nos mais diversos níveis de ensino levaram a algumas transformações no papel do professor. Neste seu papel o professor deixa de ser o centro da aula para passar a ser o organizador e coordenador das várias tarefas. As aulas transformam-se em centros de criação e investigação.

No desenvolvimento desta dissertação vai-se tentar compreender melhor o que os jogos têm para nos ensinar, prestando atenção ao *design* de jogos, e sobretudo desenvolver o gosto pelo divertimento. A construção deste simulador baseado num ambiente 3D realidade aumentada pode melhorar a experiência interativa. A câmara deteta os marcadores de posição que posteriormente geram objetos virtuais proporcionando ao professor e aluno operações experimentais em tempo real e em simultâneo. Os alunos adotam um método natural interativo e desfrutam da mesma experiência em ambientes reais devido ao abandono do rato e dispositivos de teclado. Além disso, este ambiente de aprendizagem baseado em RA é capaz de interpor objetos que são inacessíveis na vida real, devido à limitação de despesas, de segurança ou alguns outros fatores do mundo real, apresentando um modo de aprendizagem que elimina o sentimento isolado de aprender. Dentro deste contexto são levantadas duas hipóteses: (a) Se o desenvolvimento de um jogo que pretende ser uma melhoria aos métodos tradicionais

como os desenhos bidimensionais realizados no quadro em contexto de sala de aula é efetivo, e (b) se o aprender a jogar, melhora da retenção de informação por parte dos alunos apoiada numa perspetiva construtivista onde a experiência de aprendizagem ativa permite ao aluno conectar-se diretamente ao saber para gerar novo conhecimento através da interação e atividade do aluno como resposta aos estímulos do jogo.

1.1 Enquadramento e objetivos

Refletindo que a tecnologia apesar de ter um papel importante no aprender a jogar e que melhor integra os alunos no campo da experiência (Oblinger & Oblinger, 2005), ela representa simplesmente um meio para atingir um fim. Os jogos são efetivos não por o que eles são em si, mas sim por o que eles incorporam e pelo o que os estudantes fazem enquanto jogam. Como relação entre a teoria e a prática, esta proposta de dissertação integra o desenvolvimento de uma aplicação em formato de jogo na área da geometria, destinada ao ensino básico (1º ciclo de estudos).

Do ponto de vista metodológico, pretende-se comparar os diferentes meios tecnológicos e as suas respetivas vantagens, resultando na escolha da tecnologia mais apropriada, no desenho da narrativa, e da usabilidade centrada no aluno.

Verificou-se que nos primeiros ciclos os alunos mostram dificuldade em consolidar e desenvolver o sentido espacial, nomeadamente a visualização e a compreensão de propriedades de figuras geométricas no plano e no espaço. Assim como apresentam dificuldades no desenvolvimento de vocabulário associado a conceitos geométricos como face, aresta, vértice, plano, reta, prisma, pirâmide, entre outros. Sendo o propósito principal do ensino da Geometria “desenvolver nos alunos o sentido espacial, com ênfase na visualização” (Ponte et al., 2007) esta dissertação assume um papel importante na apropriação e interpretação das imagens bidimensionais (2D), de sólidos geométricos e objetos tridimensionais (3D) com que são confrontados.

Consequentemente, o principal objetivo é: desenvolver um jogo que permita aos alunos: uma melhor capacidade de visualização; a compreensão de propriedades de sólidos geométricos no plano e no espaço; familiarização com o vocabulário da geometria. Nunca esquecendo a diversão que é uma componente essencial da experiência.

Desta forma, o jogo a implementar tem características imersivas em tempo real com uma abordagem de transferência de conhecimento através de Realidade Aumentada (RA). A utilização de Unity3D (Unity, 2013), como veremos nos capítulos seguintes, como base da infra-estrutura para a aplicação que nos propusemos oferece um forte motor de renderização e a possibilidade de estender a suas funcionalidades a diferentes plataformas, podendo ser publicada para clientes web e ser visualizada e utilizada em qualquer computador.

Nesta proposta assume-se que o contexto de ensino é propício para a experimentação de novos modelos de ensino/aprendizagem, devido ao baixo custo da tecnologia de realidade aumentada, como também da frequência dos equipamentos necessários dentro do parque escolar. Resumindo, os objetivos específicos serão:

- (a) *escolher as tecnologias mais apropriadas para o desenvolvimento do jogo considerando as suas respectivas vantagens;*
- (b) *desenhar o jogo com ênfase na usabilidade centrada no aluno;*
- (c) *avaliar o seu uso efetivo no contexto do ensino de geometria;*
- (d) *compreender os benefícios que o uso desta tecnologia pode proporcionar.*

1.2 Metodologia

O processo de criação vai basear-se fortemente no desenho da mensagem do jogo e o seu desenvolvimento. Permitir autonomia na resolução de problemas deparados durante a sua experimentação, garantindo a flexibilidade intelectual, capacidade de criar, inovar

e, principalmente, enfrentar o desconhecido para promover o desenvolvimento cognitivo.

A procura do conceito será feita dentro da área de conhecimento da geometria através da pesquisa dos atuais manuais escolares e enciclopédias visuais existentes. Existirá uma experimentação prática com as tecnologias e os materiais a utilizar no desenho de objetos tridimensionais, de padrões de reconhecimento e do seu interface. Procurar-se-á criar um ambiente ergonómico e com grande usabilidade, que integrará as diretrizes educacionais e pedagógicas.

Será desenvolvido um painel com o marcador (padrão de reconhecimento), que indicará as coordenadas onde se desenrolará o jogo, e por fim a construção efetiva de uma aplicação de base educacional com elementos de jogo, através de realidade aumentada com um *design* focado no utilizador e nos objetivos. O facto dos *smartphones* serem portáteis e com o recente aprimoramento tecnológico eles tornaram-se presentemente uma plataforma muito desejável para o desenvolvimento de soluções com realidade aumentada.

A sua implementação tecnológica poderá ser visualizada *on-line* através de endereço que mais tarde será disponibilizado. O recurso destas ferramentas manipuláveis permitirá compreender conhecimentos específicos na área da geometria de uma forma que se espera desafiante para a maioria dos alunos tendo em conta que grande parte da aprendizagem ocorre por livre exploração, por imitação e, fundamentalmente, por brincadeiras e jogos.

A experimentação será efetuada através de duas turmas do ensino básico com a disponibilização da aplicação a apenas uma. Por fim será apresentado um teste às duas turmas para validação da proposta.

Um cuidado importante na utilização desta tecnologia é evitar que o seu uso funcione como um fim em vez de como um meio de comunicação. Ao deixarmos-nos guiar pelas possibilidades das ferramentas tecnológicas apresentamos por vezes aos alunos um conjunto de efeitos que apenas chamam à atenção pela novidade. Se o conteúdo e a metodologia pedagógica não tornarem a atividade interessante e significativa para os alunos, de nada adiantará todo este processo.

1.3 Principais contribuições

Esta dissertação tem como propósito principal o desenvolvimento de um jogo digital em contexto de atividades de ensino-aprendizagem que facilite os alunos a adquirirem conhecimentos através de realidade aumentada, partindo da premissa que os jogos podem favorecer significativamente a aprendizagem na formação de conceitos mais sólidos de pensamento.

As contribuições mais importantes são: (a) O desenvolvimento de um jogo com realidade aumentada para o ensino da geometria. (b) A usabilidade do jogo em ambiente de sala e com alunos do 1º ciclo. (c) O atestar da possibilidade de aprender através de jogos poderá favorecer significativamente a aprendizagem.

1.4 Vista geral

Esta dissertação está dividida em cinco capítulos. No presente capítulo foram introduzidos os tópicos ao tema da dissertação, bem como os objetivos pretendidos e principais contribuições. O capítulo 2, referente ao estado de arte, contém uma revisão da literatura e das aplicações mais semelhantes à aplicação a desenvolver, assim como das tecnologias que asseguram a produção, focando as barreiras encontradas, os custos e as plataformas suportadas. O capítulo também apresentará os principais conceitos que envolvem as técnicas mais recentes utilizadas: *game-based learning*, *gamification* e *design thinking*.

No capítulo 3 irá ser descrita a arquitetura do jogo e efetuada a análise detalhada de cada um dos processos constituintes. Especificamente serão apresentados: a preparação e o desenvolvimento do jogo, com as opções de desenho da narrativa; a pré-produção de todos os elementos constituintes do jogo; o desenvolvimento que consiste na construção e montagem do jogo; e por fim os testes e ajustes onde se procurou mostrar o seu funcionamento e os meios de disponibilização.

No capítulo 4, serão apresentados os resultados e discussão dos mesmos, tendo em conta a avaliação do jogo através de ensaios de funcionamento e de testes realizados com os alunos. Para finalizar, o capítulo 5 conclui com as considerações finais e as propostas a melhorias futuras ao sistema desenvolvido.

Capítulo II

2 Estado de arte e conceitos gerais

O jogo e a cognição estão profundamente ligados e, com o advento dos jogos de computador, novos interesses científicos emergiram por esta relação (Gamberini et al., 2008). Juntamente com isso, o reconhecimento visual de objetos é um dos setores que mais rápido se tem desenvolvido na área da visão por computador (J.M.F. Rodrigues et al., 2012), trazendo vários benefícios.

A realidade aumentada remonta aos anos 60, e durante longos tempos foi uma tecnologia experimental que requeria conhecimentos tecnológicos específicos e que geralmente necessitava da utilização de Head Mounted Display (HMD). O interesse nesta tecnologia desperta a partir de 2005, particularmente devido aos avanços de hardware dos smartphones (Catenazzi & Sommaruga, 2013). Esta tecnologia permitiu o desenvolvimento de projetos imersivos de realidade aumentada no contexto do ensino, proporcionando ao aluno uma sensação de estar num outro ambiente ou de observar ambientes sob outro ponto de vista.

Dentro deste contexto, neste capítulo procura-se apresentar projetos que englobem ou a tecnologia de RA, ou o conceito de jogo, ou que desenvolvam o tema sobre sólidos geométricos dentro do contexto de ensino. Aborda-se o conceito de aprendizagem baseada em jogos, a metodologia de *gamification* com uma *framework* de integração baseada em design *thinking*, e por último descrevem-se tecnologias que permitem o desenvolvimento deste género de aplicações focando as barreiras encontradas, os custos que apresentam e as plataformas que suportam.

2.1 Projetos já implementados

Kaufmann (2004) apresentou o Construct3D, um projeto que resulta numa ferramenta de construção geométrica especificamente desenhada para o ensino da matemática e da geometria com o intuito de ser utilizada no ensino secundário e universitário. Consiste em permitir visualizar objetos 3D que até agora tinham de ser calculados e construídos através de métodos tradicionais. Usa a RA com a ideia de melhorar os interfaces para uma futura geração, permitindo que os alunos trabalhem diretamente num espaço 3D. O meio tecnológico escolhido durante o processo de desenvolvimento foi o de um sistema com dois utilizadores usando *Head-mounted displays* (HMDs), vídeo-capacetes e óculos translúcidos que usam pequenos monitores em frente ao olho, para uma partilha do espaço virtual. Compreendendo desde cedo que a continuidade do projeto dependia de um grande número de funcionalidades para serem realmente úteis no ensino da geometria e para ser produzido num período de tempo razoável, optaram por usar software (*Geometric Modeling Kernel*) disponível comercialmente. Esta é uma limitação desta plataforma, dadas as dependências entre a aplicação e os *kits* de ferramentas externas e os custos que acarretaria a sua utilização.

O livro “Sólidos Geométricos com RA e ARToolKit” (Akagui & Kirner, 2004) apresenta um projeto desenvolvido na área da educação em que os sólidos construídos em VRML são associados a marcadores impressos no livro através da biblioteca livre ARToolKit (ARToolKit, 2013). Introduziram um marcador que funciona como placa de controlo, que quando associado ao marcador do livro altera a sua imagem: uma com a sinalização dos vértices, uma segunda apresenta o sólido com as suas faces e ainda uma terceira possibilidade com o sólido em rotação.

GeoEspaçoPEC (Morais et al., 2008) enquadra-se num contexto de jogos educacionais cujo objetivo é estimular os alunos a conhecimentos relacionados com a geometria

especial. Apresenta uma estrutura de *Role Playing Game* (RPG) em que através da exploração de soluções e de respostas permite ir passando de níveis até chegar a um objetivo final, adquirindo desta forma, conhecimento de geometria espacial a cada novo nível. Este projeto utiliza o motor gráfico Panda3D (Panda3D, 2013) para o desenvolvimento do jogo devido ao seu potencial gráfico e por se tratar de uma ferramenta livre. Para a produção dos gráficos tridimensionais foi utilizado o software de código aberto Blender (Blender, 2013) que para além de permitir a possibilidade de confecção de modelos e animações tridimensionais, possui o seu próprio motor de jogos, onde é possível fazer animações interativas e simulações físicas.

ARGeometric (Silva & Silveira, 2012) é um recurso educacional no campo da geometria que inclui uma metodologia de desenvolvimento de jogo. Consiste num tabuleiro fixo que apresenta orifícios de formas geométricas, como o círculo, o triângulo ou um quadrado e, com o auxílio de marcadores de RA, o aluno tenta encaixar sólidos geométricos através desses espaços. Este projeto permite associar sólidos a formas geométricas através da utilização da biblioteca ARToolkit (ARToolKit, 2013) e o motor de jogo XNA (XNA, 2013), defendendo que a convergência da tendência de utilização de interfaces não convencionais aliados a uma crescente aplicação de RA a todos os setores, abre portas sem precedentes à criação de interfaces atrativos que permitem o desenvolvimento de ferramentas inovadoras de aprendizagem, mais lúdicas e talvez mais efetivas. No entanto, o projeto ARGeometric não foi avaliado no processo efetivo de aprendizagem, nem desenvolvido o seu aspeto gráfico e de usabilidade.

Os jogos e o ensino já deixaram há muito de ser inimigos. Os investigadores que estavam preocupados com o facto do grande desenvolvimento tecnológico poder levar a que as crianças jogassem jogos durante as aulas estavam certos. O conhecimento é um dos maiores valores humanos e o sistema de ensino tem de estar preparado para este

possível caminho. Um dos métodos para a integração dos jogos no ensino pode ser feito através da “*gamification*.”

Kevin Werbach (Werbach, 2012), descreve *gamification* como uma aprendizagem através dos jogos (para mais detalhes ver a Secção 2.2). Mais propriamente como o uso de elementos de jogos e técnicas de *Game Design* em contextos de não-jogo, ou seja, que o objetivo seja outro que não apenas o sucesso no jogo. Poderá ser aplicado à escola, ao mercado, ou para atingir algum impacto social, para melhoria pessoal, etc.

Streck (2013) defende que a solução não passa apenas pelos professores. Afirma que a *gamification* pode efetivamente mudar o panorama e melhorar o sistema, mas apenas se for construída de uma forma correta, através de um trabalho de equipa que inclua profissionais com experiência no desenvolvimento de jogos. Lembra assim que os jogos desenvolvidos para o ensino têm de ter uma qualidade muito boa, visto as novas gerações terem acesso a jogos como “Call of Duty” (CallDuty, 2013), “Fifa 2012” (Fifa, 2013), “Heavy Rain” (HeavyRain, 2013), “GTA” (GTA, 2013) etc., que excluindo qualquer juízo de valor, não existem dúvidas que estes são de elevada qualidade. Desta forma sublinha que a chave principal para o sucesso é proporcionar jogos educativos de alta qualidade.

Um outro caminho (Chartier, 2013) foi encontrado por Kristianna Luce, uma Professora que ensina tópicos de Álgebra I utilizando o já existente e popular jogo Angry Birds (AngryBirds, 2013) para o ensino de matemática. Através de um *smartphone*, uma *tablet* ou mesmo um *browser* no computador durante a sala de aula, ou mais frequentemente no autocarro, ou mesmo no consultório médico, cada vez que se está a lançar um pássaro irritado, estamos a usar cálculos matemáticos.

Da revisão da literatura de Construct3D, Kaufmann (2004) repara que grande parte dos projetos educacionais termina depois de um período de estudos experimentais e

primeiras avaliações. A verdade é que, excluindo o Construct3D, de poucos mais existem relatos de trabalhos em progresso ou com desenvolvimentos em curso.

2.2 Aprendizagem baseada em jogos

Atualmente podemos facilmente observar que as crianças procuram passar todo o tempo que lhes é permitido a tentarem jogar “jogos de vídeo”. Enquanto pais e professores lamentam todo esse tempo que é desperdiçado, na realidade o que podem estar a desperdiçar é um verdadeiro valor e potencial destas tecnologias que poderia servir para uma reformulação do ensino/aprendizagem. Estes jogos levam as crianças a ambientes 3D altamente imersivos onde aprendem a utilizar uma gama impressionante de ferramentas como a condução de veículos ou as mais complexas máquinas. São dedicadas muitas horas na memorização de cenários onde desenvolvem as mais sofisticadas táticas para alcançarem os seus objetivos e ganharem o jogo. Em muitos dos casos este processo é feito em colaboração com crianças de todo o mundo na troca de soluções.

Eventualmente os jogos podem contribuir largamente para o desenvolvimento emocional e social incluindo as diferentes tentativas de formas de cooperação e competição. Proporcionam adicionalmente à criança descobrir porque é que as regras são importantes e quais as que melhor funcionam. Durante o tempo de jogo, a criança direciona a sua atenção aos pormenores para conseguir o melhor desenvolvimento no jogo. Na verdade, estas experiências ajudam as crianças a formar conceitos mais maduros de pensamento e de resolução de problemas (Yatim & Masuch, 2007). Através dos jogos a criança aprende a agir, a curiosidade é estimulada, adquire iniciativa e autoconfiança enquanto desenvolve a linguagem, o pensamento e a concentração (Przybylski et al., 2010).

Hoje em dia é amplamente aceite que os jogos de computador facilitam e envolvem a aprendizagem nos mais variados campos. Através da recriação de situações desafiantes do mundo real num ambiente seguro, os jogos promovem a melhoria das capacidades cognitivas e a aquisição de conhecimento através da exploração, ação e experimentação. Quando aliados a uma interação social, os jogos promovem mais que uma aquisição individual de conhecimento, eles encorajam uma construção coletiva e uma negociação de significados (Silva, 2012). Podem tornar o processo de aprendizagem mais agradável, diferente de uma aula tradicional, que envolve uma receção passiva de conhecimento. Promovem uma aprendizagem ativa através de uma resolução ativa de problemas (Boyle et al., 2011). De acordo com Prensky (2005), através do ato de jogar os indivíduos interagem com o ambiente do jogo recebendo um *feedback* imediato das suas ações sendo capazes de interpretar as suas escolhas de acordo com os seus objetivos. Quando continuamente repetem este ciclo (*ação-feedback-interpretação*) permite aos jogadores desenvolverem gradualmente as suas capacidades cognitivas.

Num estudo, Kirriemuir & McFarlane (2007) afirmam que o uso de jogos nas escolas é pouco utilizado. Os motivos que apresentam são a dificuldade de os professores identificarem rapidamente como um jogo em particular é relevante para alguma componente do currículo. Outro fator apresentado é a dificuldade em persuadir a escola e todas as pessoas envolvidas na aprendizagem quanto aos potenciais/benefícios educacionais dos jogos de computador. No entanto, os professores e os pais reconheceram que jogar pode apoiar o desenvolvimento de habilidades valiosas, tais como o pensamento estratégico, o planeamento, a comunicação, a aplicação de números, habilidades de negociação, a tomada de decisão em grupo e o processamento de dados.

Os jogos educacionais e a aprendizagem baseada em jogos (*Game Based-Learning - GBL*) fazem parte do vasto conceito de “*serious games*” e da indústria global de jogos. A frase “*serious games*,” emergiu pela primeira vez através da iniciativa de jogos sérios no Woodrow Wilson International Center for Scholars, em Washington DC (LaCava, 2010; Blumberg et al., 2013). Sob o mercado de jogos sérios, existem vários submercados incluindo os jogos educativos para a aprendizagem baseada em jogos (GBL), jogos de treino militar, treino corporativo, saúde, jogos governamentais, jogos políticos / religiosos / arte e jogos para o público em geral (LaCava, 2010).

O desempenho e a motivação dos alunos são influenciados pelas suas emoções. Os ambientes GBL compreendem elementos que facilitam a aprendizagem e a criação de uma conexão emocional com os alunos (Muñoz et al., 2013). GBL é entendido por alguns educadores como uma forma altamente motivadora de aprendizagem complementar que está agora a ser amplamente usada em diferentes níveis de educação para envolver os alunos (Razak et al., 2012). É um processo de envolvimento rápido no qual os jogos de computador educacionais são integrados numa abordagem educacional tradicional. Este tipo de jogos motiva e ajuda os estudantes a adquirirem novos conhecimentos e habilidades de uma forma em que no ensino tradicional não seria viável ou poderia ser difícil de alcançar. Nestes jogos, educação e entretenimento coexistem e ajudam a alcançar melhores resultados de aprendizagem.

De acordo com Prensky (2001), características básicas destes jogos são: o estabelecimento de regras como forma essencial para um percurso normal do jogo, mas também como base de suporte para os jogadores; a criação de metas e objetivos específicos que os jogadores devem tentar alcançar; o jogo deve proporcionar um incentivo adicional além da aprendizagem para motivar mais os alunos. Além disso, devem proporcionar um *feedback* apropriado de acordo com as ações corretas ou

incorretas do jogador durante o jogo; a existência de competição entre jogadores, ou de eles e o computador; a interação, onde deve ser claro que as decisões do jogador serão aquelas que serão avaliadas no resultado final; e por fim o enredo. Em alguns casos a existência de um enredo no jogo pode resultar em mais atenção por parte dos alunos.

Rollings & Adams (2003) afirmaram que estes ambientes são compostos por elementos específicos como narrativas, sons, personagens, ações, desafios e objetivos cuja interação resulta numa experiência única conhecida por jogo. Sykes (2006) acrescenta que criam um vínculo emocional entre o personagem e o aluno através da narrativa, do som ou da música, ou pelos gráficos e animações.

GBL é particularmente adequado à pedagogia onde o estudante é ativo na sua própria aprendizagem. O jogo proporciona um ambiente de aprendizagem que introduz objetivos e metas que o aluno tem de completar para progredir. Desta forma liberta o professor de depositar conteúdos e permitindo que em vez disso oriente, ajudando o aluno a encontrar soluções apropriadas para os problemas apresentados durante o jogo (Sykes, 2006).

No desenvolvimento destes sistemas um problema comum é o equilíbrio entre o entretenimento e as estratégias pedagógicas de forma a assegurarem que a aprendizagem realmente acontece. Prensky (2001) refere que tem de haver uma relação *yin e yan*, dizendo que os jogos são altamente envolventes e fracos de conteúdos, enquanto a educação é grandiosa em conteúdos e fraca na sua envolvência.

2.3 *Gamification* e a abordagem através de *Design Thinking*

O termo *gamification*, como referido anteriormente tem origem na indústria no setor da média digital. O primeiro uso documentado data de 2008 mas o seu termo não vê ampla adoção antes do segundo semestre de 2010 (Deterding et al., 2011). Consiste em técnicas de design de jogos e no uso de elementos de jogo em contextos de não jogo, ou

seja, que o objetivo seja outro sem ser o sucesso do jogo i.e., ensino, impacto social, saúde, marketing, entre outros (Nicholson, 2012; Werbach, 2012). A *gamification* tornou-se um método popular de análise de comportamentos, melhorando a fidelização e a interação com os clientes estando cada vez a ser mais utilizado em design de produto e marketing (Zichermann, 2010).

De acordo com uma comunicação da empresa de consultoria Gartner (2011), os analistas preveem que em 2015 mais de 50% das organizações que trabalham em processos de inovação vão introduzir este conceito, e que por volta de 2014, a *gamification* na comercialização de bens de consumo e retenção de clientes se tornará tão importante como Facebook, eBay ou Amazon, e mais de 70 por cento das organizações Global 2000 terá pelo menos uma aplicação (Gartner, 2011).

Harbison, 2013 afirma que em 2011 se discutiu muito em torno do conceito de *gamification* e que foi apontado como uma excelente abordagem para as marcas encorajarem os utilizadores a interagirem mais através da incorporação de pequenos objetivos. Na sua opinião as coisas não correram tão bem como previsto, não implicando a não existência de ideias, que possam ser aplicadas e que ao dividirmos um objetivo final em pequenas metas a atingir isso promova um aumento do envolvimento dos utilizadores.

Durante o processo de pesquisa do seu último livro, Zichermann, 2013 afirma que a *gamification* passou de ser uma forma interessante de marketing para ser um valor de grande impulso competitivo e que as empresas que compreendem como envolver os consumidores e colaboradores estão a elevar as suas taxas de interação numa média de 30%, aumentando a fidelização à marca com uma fração do seu custo tradicional, vendendo mais produtos, aumentando a contratação, o treino e a retenção dos melhores funcionários.

Subjacente ao conceito de *gamification* é a motivação. As pessoas podem ser levadas a fazer algo por causa da motivação interna ou externa e as mecânicas de jogo estão no seu centro. Werbach, 2012, considera que são a caixa de ferramentas os elementos como pontos, a coleta de recursos, a progressão, níveis, *avatars*, gráficos sociais, missões, recompensas e emblemas.

Mais que usar um sistema de pontuação, o sentido da *gamification* encoraja uma profunda integração de mecanismos de jogo em contextos que não sejam de jogo. As técnicas têm foco na consideração dos aspetos subjacentes das atividades para entender onde a integração dos elementos de jogo fazem sentido (Nicholson, 2012).

Gamification é sobre incorporar a essência dos jogos, jogar, diversão e paixão, e aplicá-lo para o mundo real, aprendendo com as lições da psicologia, design, estratégia e da tecnologia. Werbach (2012) sugere que a *gamification* não é fazer de tudo um jogo, não é qualquer jogo no local de trabalho, não é qualquer uso de jogos na industria, não são simulações, não serve apenas para motivar situações de marketing e clientes, não são apenas pontos, emblemas e tabelas de classificação nem só teoria de jogo como algoritmos, formulas e estruturas metafísicas, mas sim ouvir o que os jogos têm para nos ensinar, aprender com design de jogos e apreciar o divertimento, porque a diversão é algo muito poderoso.

As aplicações “*gamified*” não são exemplos únicos onde os elementos de jogo têm sido reaproveitados. Existe já uma longa tradição de uso de controladores de jogos na interação humano computador (HCI) para fins que não são de entretenimento (Deterding et al., 2012). Deterding et al., descrevem que durante o levantamento de literatura descobriu diferentes níveis de abstração de elementos de design de jogos: Design de interfaces, design de jogos ou mecânicas de jogo, heurística ou princípios de

design, modelos conceptuais de design de jogos, métodos de design de jogos e processos de design.

Numa era de informação, o ponto central para uma aplicação interagir é ter um interface de fácil utilização. A usabilidade pode-se dividir em compreensibilidade, facilidade de aprendizagem e na facilidade de manuseamento, com o objetivo dos utilizadores poderem utilizar os produtos corretamente, rapidamente, efetivamente e confortavelmente. O design de usabilidade mostra-nos um conceito de design centrado no utilizador, que sendo originário das emoções e das necessidades, fazem da interação humano-computador assim como a experiência visual dos produtos encontrarem-se com os hábitos dos utilizadores para tornarem os produtos mais competitivos (Li & Chen, 2013).

A emoção é considerada uma componente essencial da experiência humana e do ponto de vista da interação humano computador. Interfaces gráficas do utilizador (Graphical User Interfaces) que não conduzam a emoções apropriadamente são percebidas como prejuízos sociais e podem limitar a performance do utilizador (Brave & Nass, 2009). Os interfaces necessitam de estar em todo o lado, mas não de forma destacada e de preferência nem mesmo aparente.

O *design thinking* é um processo de abordagem de problemas bastante importante no desenvolvimento de jogos educativos. É um processo ativo, e não uma conclusão. O *design thinking* pode proporcionar a inovação, permitir alternativas, e não só a criação de artefactos. Quando os elementos individuais de *design thinking* são combinados e vistos juntos como um sistema completo para a solução de problemas, este surge como um pensamento claramente distinto. O conceito oferece um *framework* de integração único que reúne ambos os modos criativos e analíticos de raciocínio, acompanhados por um processo e um conjunto de ferramentas e técnicas (Liedtka, 2013). De acordo com

Liedtka, combina um conjunto distinto de práticas e processos e um conjunto coerente de pressupostos compartilhados que lhe estão subjacentes:

Em primeiro lugar tratar o problema e não apenas a sua solução, como uma hipótese, e no fim trará resultados de maior valor agregado e mais inovadores. O segundo ponto é que o risco do fracasso da inovação será minimizado com a utilização no processo num estado precoce da descoberta do que atende às emoções dos utilizadores, bem como as suas necessidades funcionais e lógicas, convertendo-as em critérios de design para gerar novas ideias. O terceiro ponto é que as necessidades e desejos dissociados dos utilizadores podem ser revelados através de uma pesquisa etnográfica que utiliza pequenas amostras mas que vão fundo. Desta forma a realização de pesquisas para melhor inspirar a hipótese, e não apenas para testa-las, irá proporcionar melhores resultados. Em quarto, Liedtka afirma que num ambiente de incerteza, a experimentação é superior à análise como abordagem de tomada de decisões. A aprendizagem contínua e a iteração de hipóteses irá reduzir o risco e melhorar as taxas de sucesso no processo de inovação. No quinto e último ponto defende que o uso de protótipos concretos mas de baixa fidelidade, ajudam o processo de visualização e melhoram a precisão do *feedback* necessário.

Tim Brown (Brown, 2008), define oito pontos para que o *design thinking* faça parte do processo de criação. O primeiro ponto é começar pelo princípio. Envolver o *design thinking* desde o início de todo o processo, mesmo antes de ser tomada qualquer direção. Desta forma conseguir-se-á mais ideias e mais rapidamente do que qualquer outra forma. O segundo ponto é adotar uma abordagem centrada no ser humano. Juntamente com as considerações tecnológicas e de negócio, o processo deverá ter em conta o comportamento humano; as suas necessidades e as suas preferências. Um projeto centrado no humano, especialmente quando se inclui uma investigação baseada

na observação, irá refletir mais precisamente as necessidades dos consumidores.

O terceiro é tentar cedo e frequentemente. Criar uma expectativa de prototipagem rápida e de experimentação, e medir o progresso com uma métrica como o tempo médio para primeiro protótipo ou o número de consumidores expostos a protótipos durante a vida de um projeto. O quarto é procurar ajuda externa. Expandir o ecossistema de criação procurando oportunidades de cooperação com clientes e consumidores. O quinto, misturar projetos grandes e pequenos. Fazer a gestão de projetos de forma a se evoluir a partir de ideias incrementais de curto prazo para ideias mais revolucionárias de longo prazo. O sexto ponto é orçamentar de acordo com o ritmo da criação. O processo de *design thinking* é rápido, mas o caminho para o mercado pode ser imprevisível. Estar preparado para repensar a abordagem de financiamento como o procedimento dos projetos. O sétimo é procurar e contratar talentos capazes de atingir os objetivos do projeto. Contratação através do ensino que contenha programas interdisciplinares, tendo em conta que pessoas com antecedentes de design mais convencionais podem forjar soluções muito além das expectativas.

Por fim, o oitavo ponto é projetar o design para um ciclo. Em muitos setores as pessoas movem-se cada 12 a 18 meses, mas os projetos de design podem ser mais longos desde o primeiro dia até à sua implementação. Experimentar o ciclo completo permite construir melhores juízos de valor e proporcionam às organizações benefícios a longo prazo.

De uma forma mais sintética dos diferentes pontos de vista Werbach (Werbach, 2012), afirma que o design não é apenas só arte ou ilustração ou expressão criativa, mas sim um processo de atacar problemas. Tendemos a pensar sobre o design como algo que os *designers* fazem, algo que é usado em atividades criativas, quer se trate de publicidade ou design gráfico ou design de experiência do utilizador *on-line*. Mas o design é realmente uma abordagem geral para enfrentar os desafios e é particularmente útil em

gamification.

O primeiro aspecto no *design thinking* é que ele é intencional, tem um objetivo. Não se está a tentar construir algo bonito mas sim a tentar alcançar um objetivo e todo o processo tem de estar orientado para esse propósito. O segundo aspeto é que é centrado no ser humano utilizador. A ideia é ser projetado em torno de pessoas, com uma visão saudável de as ver como jogadores em vez de clientes, e chamando-as a participar no sistema *gamified*. Relacionar com a noção de *design thinking* em que tudo deve ser baseado na pessoa e chegar a soluções para as pessoas pois são as pessoas que o vão jogar. Isso significa que temos sempre que pensar na experiência e não apenas num conjunto de objetivos ou num conjunto de métricas, embora estes pontos também sejam de grande importância no sistema. As pessoas vão encontrar o artefacto e vão realizar uma experiência, sendo esta última maior que o próprio jogo e que os elementos do jogo.

O terceiro ponto do *design thinking* é o equilíbrio. Por vezes usamos o pensamento analítico, dividindo o projeto em pequenas partes, tentando solucionar questões através de algoritmos, formalizando caminhos para resolver problemas e esquecemo-nos de que por vezes é necessário ser criativo, ter pressentimentos, intuições, e que às vezes as coisas são artísticas, bonitas e elegantes. Não se pode reduzir tudo a uma fórmula. Design é um equilíbrio entre estes dois pontos, o analítico e o criativo, com particular enfoque no que está no seu centro. Por último, o *design thinking* é iterativo. Por outras palavras, é frequentemente certo que não vamos conseguir obtê-lo certo à primeira vez, que não vamos construir um sistema perfeito. Temos de estar orientados para o ciclo tentar-falhar-aprender-tentar novamente. A iteração significa fazer a mesma coisa múltiplas vezes mas melhorando ao longo do processo. Desenvolvendo o carácter crítico do jogo que é uma das práticas do design. No início desenvolve-se um protótipo

básico que lhe dá o esqueleto básico e fundamental do jogo e logo deverá ser testado. Ou seja, ao concluir esboços em papel que permitam um sentido básico da estrutura dos elementos, das dinâmicas e mecânicas típicas do jogo deve-se mostrar a algumas pessoas, deixando-as efetivamente experimentar. Através de uma série de iterações os protótipos serão cada vez mais fiéis ao estado final, através deste processo bastante útil na construção de um jogo que é o design.

2.4 Aplicações para o desenvolvimento de o jogo com suporte em Realidade Aumentada

O desenvolvimento de jogos é o equivalente ao desenvolvimento de um filme ou de outras indústrias criativas, e tal como essas, o desenvolvimento do jogo é um processo colaborativo e a sua produção é geralmente realizada por empresas até 100 pessoas, incluindo codificadores de tecnologia, especialistas em narrativas e artistas gráficos. Desta forma, grande parte do conhecimento em design, experiência e criatividade está presente no desenvolvimento dos jogos por parte destes estúdios. Na produção de jogos educativos os testes podem ocorrer em sala de aula e com especialistas de conteúdos para fornecerem um conjunto de habilidades mistas que são necessários (LaCava, 2010).

Nesta secção é apresentada uma seleção do levantamento de aplicações para o desenvolvimento do jogo com suporte em RA, focando-se nas suas capacidades, nas barreiras neles encontradas, nos custos e nas plataformas que eles suportam. Esta pesquisa não pretende ser exaustiva, mas sim, um retrato do estado de desenvolvimento para um jogo com RA dos mais populares e disponíveis para o público no momento.

O Crystal Space (Crystal, 2013) é um motor de renderização que inclui vários componentes que permitem construir diferentes tipos de aplicações e jogos. Disponibiliza recursos de sistemas de iluminação, física, som 3D, animação, vários

gêneros de vegetação e de terrenos, sistemas de arquivo virtual, periféricos físicos entre outros. A versão mais recente é do Crystal Space é a 2.0 (03 Julho de 2012), tendo sido testada em Windows, Linux e MacOS X sem grandes problemas.

O Ogre (Ogre, 2013) é um motor gráfico 3D de código aberto. É desenvolvido em C++ e projetado com o objetivo de tornar mais acessível a produção de aplicações utilizando *hardware* de aceleração gráfica. Suporta Windows (as principais versões), Linux e Mac OS X. Ogre é disponibilizado sob a licença MIT, que é uma licença de código aberto permissiva. A única condição imposta é a inclusão do texto da licença na distribuição com qualquer *software* que utiliza o OGRE.

O Blender (Blender, 2013) é uma ferramenta digital de produção 3D disponível gratuitamente para Windows, Macintosh, Linux e FreeBSD. Este *software* inclui filtros de importação e exportação para todos os formatos 3D importantes que são necessários para incluir modelos personalizados nos mapas criados por cada motor de jogo.

A sua aplicação estende-se a várias áreas das quais se destacam os filmes, jogos, publicidade e visualização. O Blender é um *software* capaz de criar jogos e animações interativas sem o uso intensivo de códigos e conhecimentos relacionados à matemática e à física. Apresenta várias vantagens e desvantagens em relação às outras opções disponíveis (Crystal Space e Ogre). A principal vantagem oferecida é podermos desenvolver todo o processo apenas em uma única ferramenta.

O Delta3D (Delta3D, 2013) é um motor de jogo. Trata-se de um complexo sistema de software necessário para desenvolver e jogar jogos. Delta3D é um motor de jogos de código aberto para as plataformas Win32 e Linux projetado por programadores com o objetivo de suavizar a curva de aprendizagem. Possui uma larga comunidade para muitos dos projetos de código aberto.

O motor CryENGINE 3 (CryENGINE, 2013) oferece um conjunto de ferramentas para

o desenvolvimento de jogos. Possui diferentes géneros de licenças, mas disponibiliza uma versão completa gratuitamente para uso não comercial e está disponível para o desenvolvimento em plataformas como Xbox 360™, PlayStation 3 e Windows; inclui também documentação e tutorias que estão em constante atualização.

Away3D (Away3D, 2013) é um motor de jogo de código aberto em tempo real para a plataforma flash. Este projeto teve início em 2007 através de Alexander Zadorozhny e Rob Bateman e desde então tem tido um desenvolvimento contínuo. Apesar da sua grande funcionalidade a curva de aprendizagem é bastante íngreme, sendo o Away3D uma boa forma de simplificação no desenvolvimento em Flash (Olsson, 2011). Away3D suporta interação com o rato ou através do toque.

Unity3D (Unity, 2013) é uma das mais populares ferramentas para desenvolver jogos de computador ou conteúdos interativos tridimensionais. O ambiente funciona tanto em Mac Os X como em Microsoft Windows, e a aplicação final pode ser gerada para diversas plataformas como Mac, Windows, Android, iOS, as principais consolas de jogos, Flash e clientes Web. O pacote inclui um moderno motor gráfico e um editor, sendo grátis para ser usado em projetos não comerciais. Aparte do seu enorme potencial e da sua comunidade ativa, não é uma boa solução em casos de tempo limitado, ou na ausência do conhecimento técnico necessário para desenvolver o jogo. O motor de jogo Unity suporta também o jogo *on-line* através da instalação no browser do Unity Web Player (Unity, 2013), o que permite comunicação em rede para colaboração e distribuição de conteúdos. Além disso, oferece um ambiente integrado de programação usando C #, JavaScript ou Boo.

No entanto, Unity por si só não é uma plataforma para AR, adequa-se melhor para o desenvolvimento de jogos 3D e outros conteúdos interativos. Para trazer os modelos 3D

para o mundo real é necessário software de AR. Neste caso também existem diversas alternativas e com novos software a surgirem continuamente.

BuildAR (BuikdAR, 2013) é provavelmente o *software* de mais fácil utilização (van Eck, 2012). Existe para os sistemas operativos OSX e Windows e disponibiliza uma demo e uma versão “pro” com 50% de desconto para estudantes. Facilmente importa modelos 3D, vídeo e som e no seu *site* inclui tutoriais onde permite a qualquer pessoa começar a desenvolver aplicações. BuildAR é mais um gestor de conteúdos para RA suportado por *Layar Vision*.

D’fusion studio (Dfusion, 2013) é uma plataforma da *Total Immersion* que é gratuita. É de fácil configuração, abarcando mais de 300 parâmetros de funcionalidades avançadas. Reconhecimento rápido em vídeo *streaming* e seguimento 2D e 3D são as suas características mais interessantes de marcação. Possui uma interação natural de reconhecimento facial, de deteção de movimento e *Finger Pointing* que é uma característica que permite definir as zonas interativas em imagens reconhecidas. Ocultando estas, por exemplo, com um dedo, poderá desencadear ações predeterminadas. Esta aplicação não está disponível para desenvolvimento em ambientes Mac Os X, apenas opera em plataformas Windows (XP, Vista, Windows 7) e no Linux derivado do Debian e Ubuntu.

Junaio (Junaio, 2013) é um software gratuito para RA que permite desenvolver aplicações para iOS ou Android, assim como reconhecimento de imagens. É de fácil utilização embora o seu formato preferido para modelos 3D é o pouco comum (.m2d). A chamada funcionalidade GLUE permite a sobreposição de modelos 3D e animações em cima de imagens pré definidas com um interface baseado na web onde é possível adaptar a escala, a rotação e o posicionamento de objetos.

Da empresa holandesa Layar, Layar Vision (Layar, 2013) é um *software* de fácil

utilização e integração comparado com Junaio, mas também de custo mais elevado. Proporciona um ambiente usual de programação e é possível encontrar materiais de ajuda, instruções, um *website* com grande apoio e com a possibilidade de descarregar código bastante útil.

Vuforia Qualcomm (Vuforia, 2013) por vários motivos mudou-se para a frente do grupo entre os *kits* de desenvolvimento para plataformas baseadas em visão com RA (Resch, 2013). É gratuito, multiplataforma, bem documentado, tem uma forte comunidade de implementadores dispostos a compartilhar informações. Além disso, o fato de ter ligações com Unity3D, o líder da indústria como motor de desenvolvimento de jogos 3D que oferece um interface gráfico bem como capacidades de programação para permitir possibilidades como animação de conteúdo 3D, é o seu ponto mais forte de venda. Tem sido considerado pelas revistas da especialidade (van Eck, 2012), investigadores (Resch, 2013) e empresas (Credencys, 2013) como o mais poderoso *software* de RA. A sua combinação com o motor de jogo Unity proporciona uma elevada qualidade visual e uma fácil programação para interação com plataformas iOS e Android. A plataforma Vuforia permite a flexibilidade de gestão da base de dados e inclui dois tipos de base de dados disponíveis. Vuforia suporta além do Unity, Xcode e Eclipse, e possibilita experiências imersivas de realidade aumentada com o reconhecimento de padrões de embalagens de produtos, como latas, copos, garrafas, entre outros objetos.

Satch (Satch, 2013) produzido pela empresa japonesa Total Immersion é de desenvolvimento livre, independente da plataforma, e tem uma aplicação de leitor que pode ser incorporado em aplicativos RA móveis. Tem uma comunidade em grande desenvolvimento, embora grande parte da comunicação nos fóruns é feita em japonês. É apoiado pela plataforma comercial de RA mais amplamente utilizada, D'Fusion. Este

poderá ser o mais forte concorrente do Vuforia.

Metaio (Metaio, 2013) permite desenvolver aplicações nativas de RA para iOS, Android e Windows, excluindo Mac OS X. Como o Vuforia, Metaio tem suporte para o Unity3D (*plug-ins*). Permite a publicação de aplicações RA gratuitamente introduzindo uma marca de água, de outra forma os preços variam entre 3mil € e 5mil € conforme o reconhecimento 2D ou 3D. A versão Metaio Creator que permite a criação e publicação de experiências de RA tem o valor de 500€ e comunica com o *browser* gratuito da Metaio, o Junaio. Permite descarregar uma versão demo com a possibilidade de ter até dois padrões de reconhecimento estando agora esta última versão de Metaio Creator também disponível para Mac Os X (versão 10.7 ou superior).

IN2AR (IN2AR, 2013) é um motor de realidade aumentada multiplataforma. Suporta o reconhecimento de vários marcadores ao mesmo tempo e permite a construção de botões de interação. Disponibiliza gratuitamente um *plugin* para o Unity3D que permite detetar imagens e estimar o seu posicionamento através de webcams e câmaras. Através dessa informação de posicionamento podem ser introduzidos objetos 3D ou vídeos para a criação de aplicações ou jogos com realidade aumentada. IN2AR pode usar qualquer imagem para reconhecimento e seguimento, usualmente quanto mais pontos se encontra na imagem melhor. Permite submeter até um máximo de dez imagens a cores e gerar automaticamente um marcador.

Após o estudo e experimentação de algumas destas plataformas de desenvolvimento, para o desenvolvimento do jogo decidimos usar Unity3D como base da infra-estrutura para a aplicação de RA que nos propusemos implementar. O Unity oferece um potente motor de renderização e a possibilidade de estender a suas funcionalidades ao que pretendemos além de possuir uma forte comunidade. Além disso oferece gratuitamente o uso da licença que inclui todas as funcionalidades que são necessárias, renderização e

suporte de propriedades de física. Todas as implementações podem ser feitas através do uso de JavaScript que é uma linguagem de programação que adquiriu ampla aceitação. A aplicação final pode ser construída, geralmente sem alterações, para várias plataformas com Mac, Windows, iOS, Android, as principais consolas de jogos, Flash e clientes web. Esta plataforma é ideal para criar qualquer tipo de jogo educacional e oferece todas as ferramentas que poderemos ter necessidade.

Para a criação de modelos e animações para integração com o motor de jogo do Unity3D, optamos pelo Blender. O Blender não é o único software capaz de criar animações interativas com a vantagem de não ser necessário o uso intensivo de código e conhecimentos relacionados à matemática e à física, mas apresenta algumas diferenças interessantes em relação a outras ferramentas 3D. É um *software* gratuito, de código aberto com um conjunto integrado de modelação e animação 3D, ou seja, todo o processo pode ser realizado em apenas um software com um sistema de base em interações visuais e sem a necessidade de uso de programação. Além da sua fácil utilização e da facilidade com que se encontra disponibilizado na internet informação e tutoriais em vídeo, possui também uma forte comunidade.

Para o reconhecimento de padrões e toda a experiência com RA, optou-se pelo Vuforia, devido à sua capacidade de reconhecimento de marcadores com características naturais, rapidez de utilização e facilidade de criação de padrões *on-line*. O software Vuforia não necessita de um marcador fiducial, pode usar qualquer imagem ou embalagens de produtos para reconhecimento e seguimento, permitindo, ao detetar essas imagens, estimar a sua posição. Possibilita gerar gratuitamente marcadores, acumulando a possibilidade de suportar multi-marcadores e de ser multiplataforma. A sua ligação com o Unity3D e o modo como toda a informação é disponibilizada tornou-o a melhor opção.

Capítulo III

3 Preparação e desenvolvimento do jogo

No presente capítulo será descrito os passos constituintes de todo o processo, desde a análise do sistema até ao desenho da sua arquitetura, as técnicas de design de jogos e os elementos de jogo introduzidos. Nas duas primeiras secções vemos os elementos do jogo que iremos introduzir para transmitir *feedback* aos jogadores, quais os comportamentos ou ações necessárias a desenvolver por os jogadores a fim de obter retornos a partir do projeto, a progressão e a narrativa. Quais as regras que com os elementos de jogo vão criar as dinâmicas, como vamos usar certos elementos para desenvolver comportamentos, e o grau de dificuldade das mecânicas ao longo do tempo. Nas duas últimas secções descreve-se toda a construção e montagem do jogo e por último os testes e ajustes efetuados.

3.1 Preparação

O primeiro passo do processo de design do jogo foi o de definir objetivos, delinear os comportamentos pretendidos e descrever o tipo de jogadores (ver Secção 1.1).

O jogo “vertice,” v.d. Fig. 1, visa facilitar a apropriação e interpretação das imagens bidimensionais, de sólidos geométricos e objetos tridimensionais com que os jogadores são confrontados. Consequentemente, o principal objetivo, como já referido, é o desenvolver um jogo que permita aos alunos: uma melhor capacidade de visualização; a compreensão de propriedades de sólidos geométricos no plano e no espaço; familiarização com o vocabulário próprio da geometria. Ao mesmo tempo, pretende-se que a diversão seja uma componente essencial da experiência. Desta forma os jogadores

não deverão ter como objetivos propostos a concretizar a acumulação de “pontos” e de “emblemas.” Os pontos e os emblemas serão apenas a forma como o sistema funciona, pois eles são parte dos elementos de jogo intermediários que são colocados à frente do jogador. O comportamento pretendido é que o jogador (aluno) o jogue e que continue a jogar através da plataforma pelo desenvolvimento de um interface centrado no utilizador e com uma forte envolvência.



Figura 1: Jogo “vertice”.

O primeiro passo foi a elaboração dos ciclos de atividade: ciclos de envolvência que pretendem familiarizarem o aluno com o ambiente do jogo e os ciclos de progressão que representam os diferentes níveis e competências. No que respeita aos ciclos de envolvência foi projetado um cenário inicial extremamente simples, que consiste na apresentação de apenas uma zona de um plano onde se foca apenas um vértice. Para maior envolvência neste ciclo, e que para que a taxa de rejeição seja tendencialmente nula no que respeita ao comportamento que se pretende do jogador, a zona onde se deseja que se toque fica assinalada com uma animação de uma luz a cintilar a vermelho como ilustra a Fig. 2. Com isto o aluno ouve um som que lhe indica a ação: “toca no vértice.”

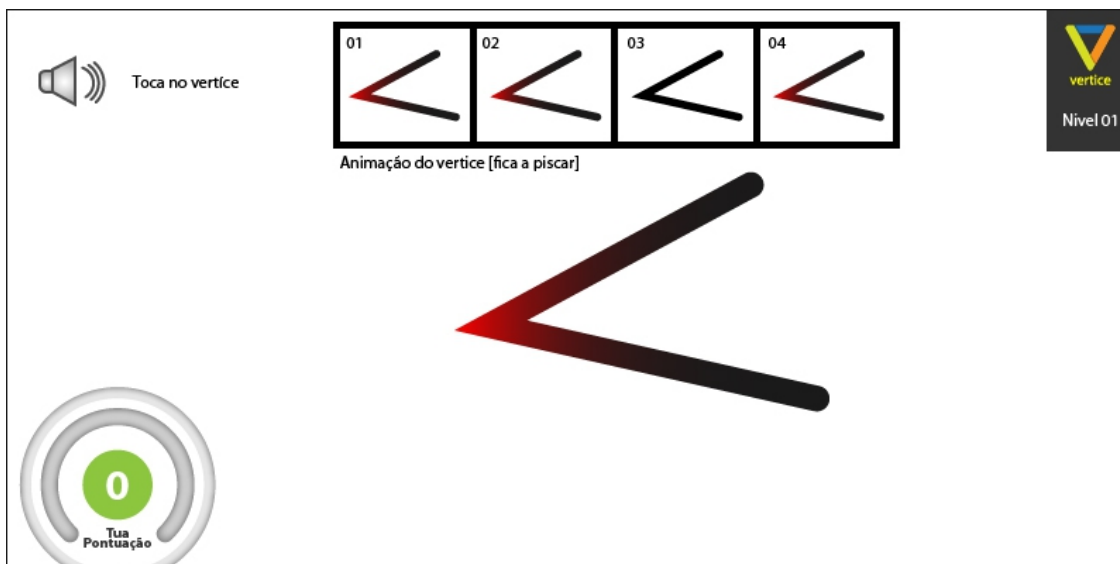


Figura 2: Storyboard animação do objeto nível 01.

Após a interação com vértice o *feedback* é imediato, como ilustra a Fig. 3, facilitando a interpretação das suas escolhas de acordo com o objetivo. Desta forma é atribuído ao jogador a pontuação e o respetivo reforço: “Muito bem, parabéns!!.”

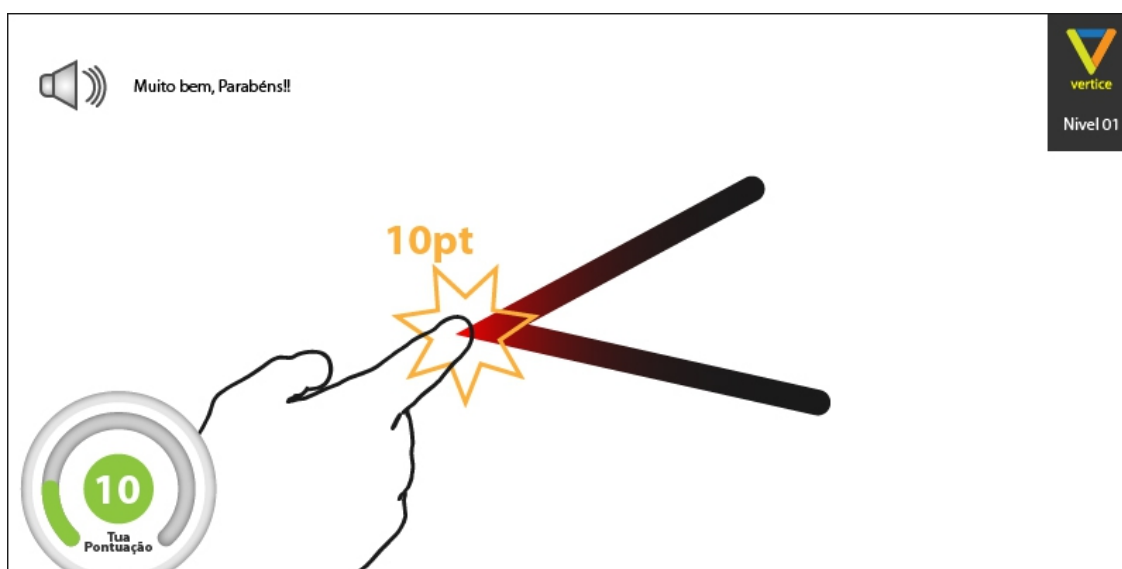


Figura 3: Storyboard do nível 01 correspondente à interação com o toque de um vértice.

Este passo, v.d. Fig. 4, repete-se à medida que vão sendo introduzidos novos objetos e a repetição contínua deste ciclo (ação-*feedback*-interpretação) proporcionará o desenvolvimento gradual das suas capacidades cognitivas e o irem-se ambientando ao interface.

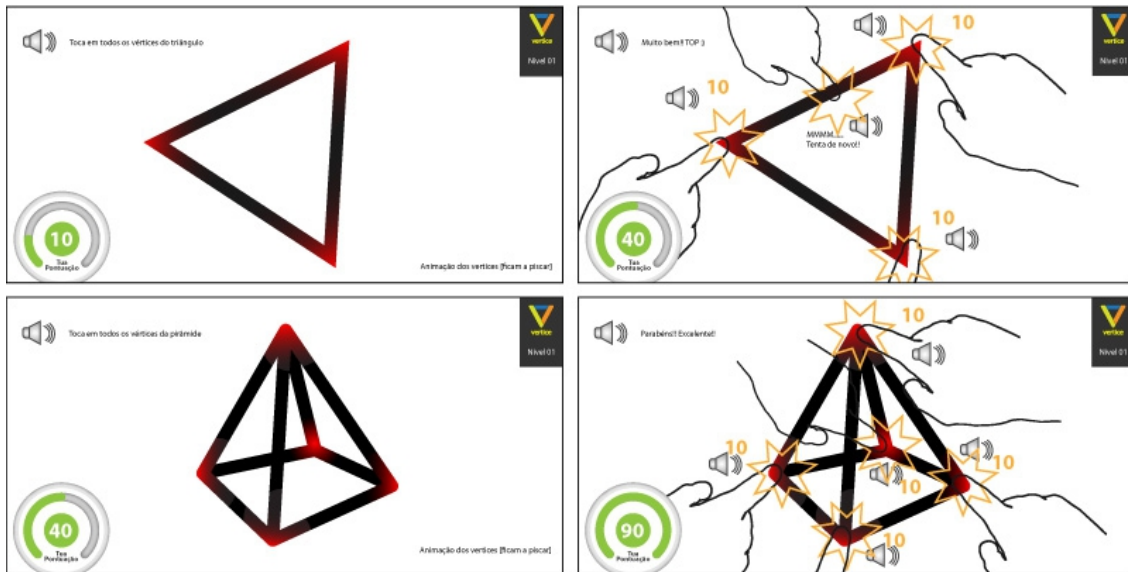


Figura 4: Storyboard desenvolvimento nível 01.

Fechando estes três ciclos de envolvimento, encerra também o primeiro nível e com ele a introdução de conceitos sobre vértices. O segundo nível mantém toda a mesma abordagem, mas neste novo ciclo de progressão, é introduzido o conceito de aresta (ver Fig. 5). Para este novo conceito são apresentados mais três ciclos de envolvimento que vão sendo aumentados progressivamente de dificuldade.

O último destes ciclos de envolvimento em que o foco passa por uma experiência no seu funcionamento assim como a passagem de conceitos básicos, apresenta-se no terceiro nível. Ou seja noutro ciclo de progressão, em que a transferência do conceito de face mantém a mesma abordagem ainda com a ajuda no que diz respeito à sinalização do espaço onde se pretende que o jogador interaja (ver Fig. 6). A partir destes primeiros ciclos a sinalização deixa de estar presente e são apresentados novos objetos sempre com o sentido de que os primeiros consistam de uma estrutura muito simples seguidamente de estruturas cada vez mais complexas.

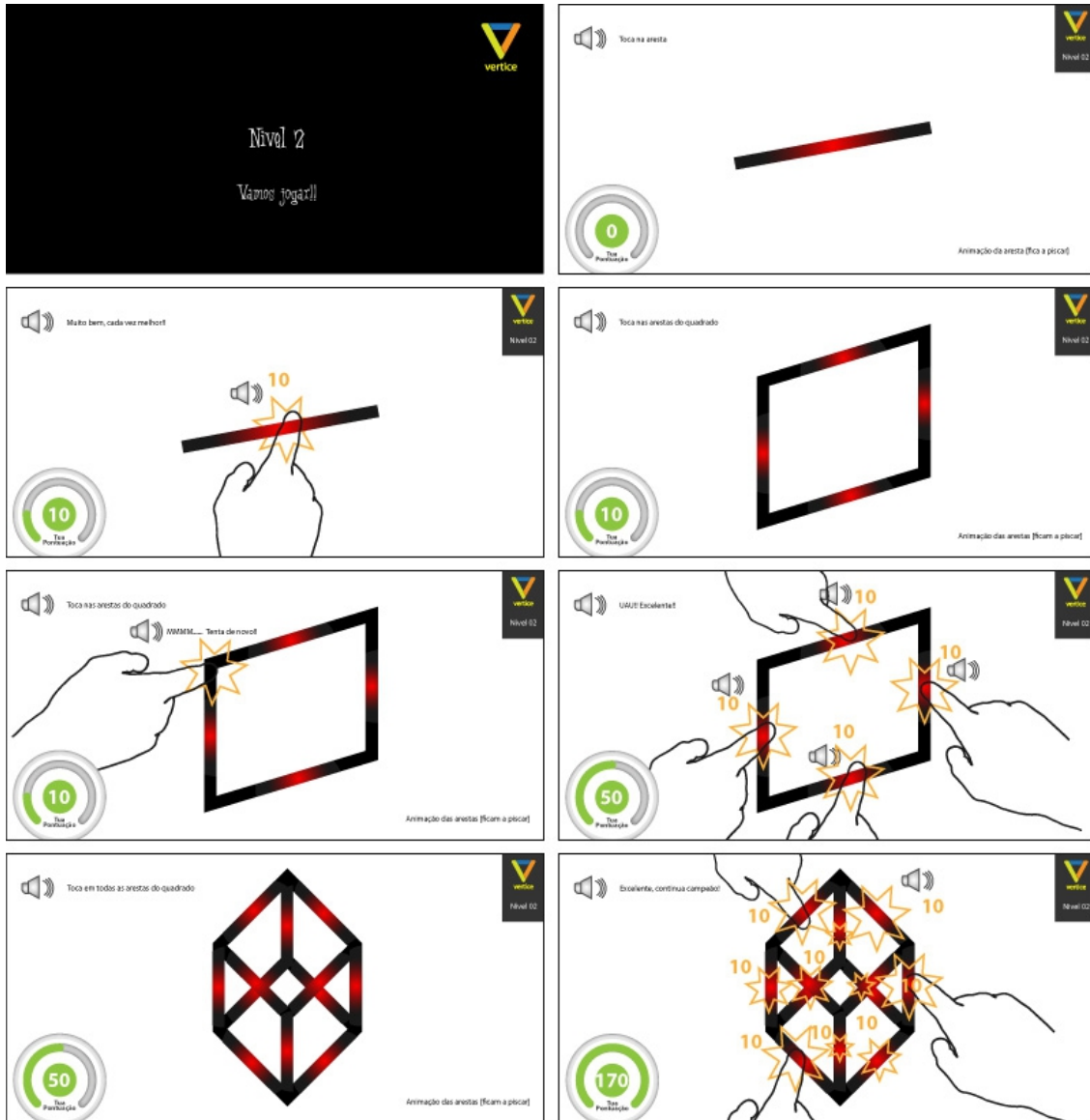


Figura 5: Storyboard desenvolvimento do nível 02 com o caso das arestas.

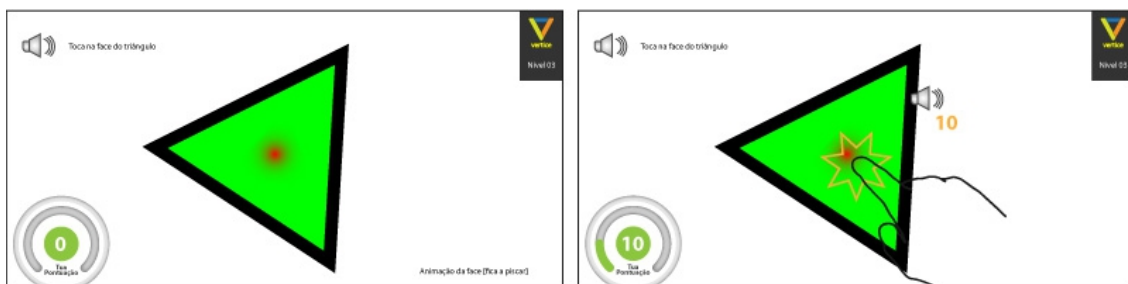


Figura 6: Storyboard do nível 03 correspondente à face de um triângulo.

Para descrever uma hierarquia de critérios de desenvolvimento de todos os ramos e percursos, foi desenhado um modelo de fluxo de dados básico tradicionalmente utilizados em procedimentos de teste de programas.

Considera desta forma, a existência de uma rede pela qual flui dados de um extremidade (origem) à outra (resultado final), onde se descreve todos os diferentes tipos de informação necessária ao seu desenvolvimento (Fig. 7).

Desta forma, como se pode observar, o Unity será a plataforma de reunião de toda a informação produzida. Com os objetos tridimensionais vindo do Blender como veremos na secção de pré-produção 3.2, e a integração da câmara de RA e o marcador vindo do Vuforia e o script em javascript para o desenvolvimento da interação, do *feedback* ao utilizador conforme as suas ações, e da atribuição dos respetivos pontos como será descrito em detalhe na secção de desenvolvimento 3.3. Do ponto de vista do utilizador, o ponto de acesso inicial será feito através de uma plataforma *smartphone* e com a necessidade de um marcador para acesso à visualização do conteúdo do jogo, que será ilustrado na secção 3.4.

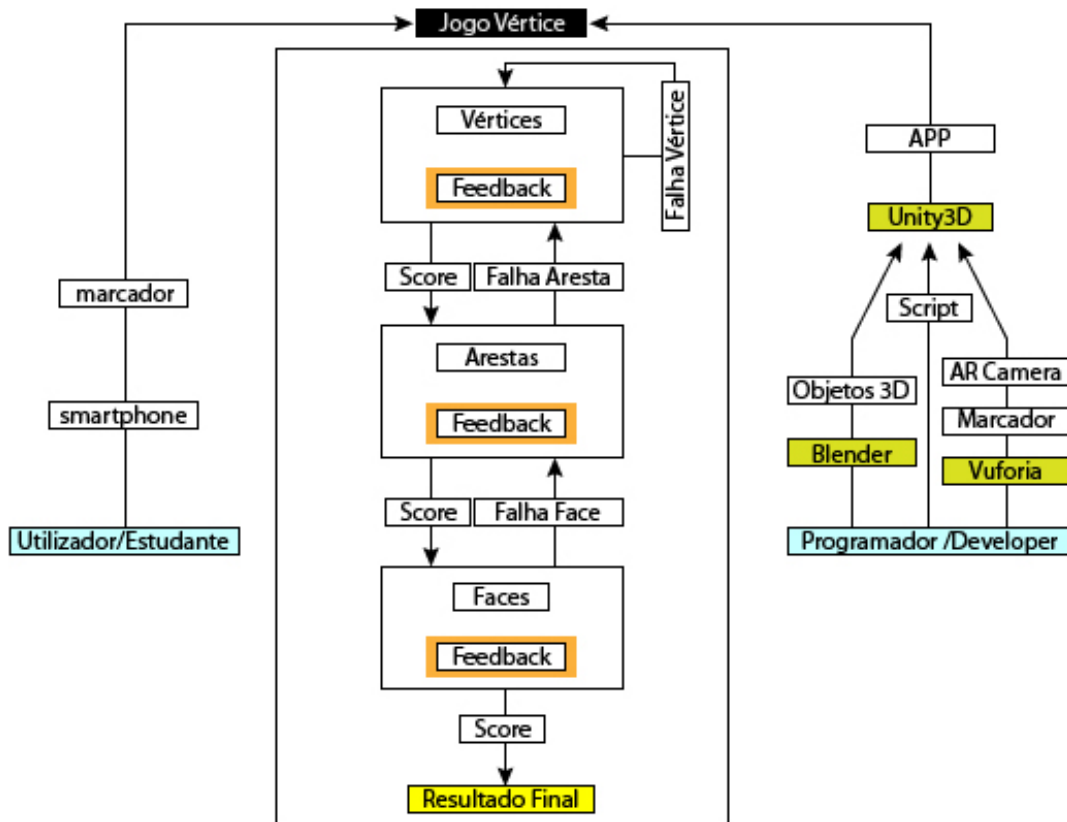


Figura 7: Fluxo de dados.

3.2 Pré-produção

Os primeiros elementos desenvolvidos foram os *Graphical User Interfaces* (GUIs). Foram construídos em desenho vetorial os painéis iniciais, como também os elementos indicativos da pontuação, o nível em que o jogador se encontra, os botões e o seus comportamentos, e também as barras de introdução de dados. No fim foram exportados para o formato .png visando a possível utilização destas imagens com recorte e com transparências (Fig. 8).

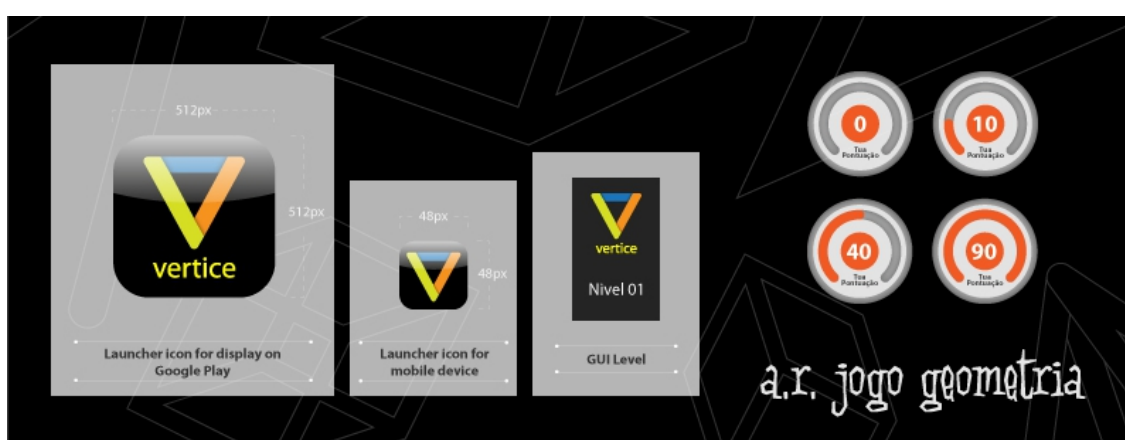


Figura 8: Elementos da Interface.

A seguir foi necessário desenhar os objetos em 3D. O Unity, como referido na Secção 2.3, sendo um *software* específico de motor de jogo, não permite a flexibilidade necessária para o cumprimento integral dos objetivos. Deste modo procurou-se desenvolver em Blender (Fig. 9) devido a sua fácil utilização além de estar disponível gratuitamente (mais detalhes na Secção 2.3). Depois de concluído todos os desenhos já com os objetos divididos conforme as necessidades de interação dos elementos vértice, arestas e planos, exportou-se o conjunto para o formato Autodesk FBX (.fbx).

O passo seguinte foi o desenho do padrão de reconhecimento (marcador). A aplicação Vuforia, tal como o IN2AR, faz reconhecimento de características naturais valorizando até a sua complexidade, pois isso permite-lhe reconhecer melhor todos os posicionamentos devido a conter mais pontos com informação. Desta forma foi

desenvolvido um desenho num plano A4 com algumas imagens de figuras geométricas e com a imagem desenvolvida como “símbolo” do jogo. Houve a preocupação de desenhar uma imagem que contivesse essa informação necessária mas que ao mesmo tempo contemplasse uma impressão económica e em escala de cinzas (Fig. 10).

A parte sonora foi desenvolvida com o *software open source* Audacity 2.0.4 (Audacity, 2013) onde se realizou a gravação das indicações das ações desejadas para o desenrolar do jogo, assim como as frases de *feedback* para situações em que o aluno acerta na solução correta e as que questiona a solução escolhida.

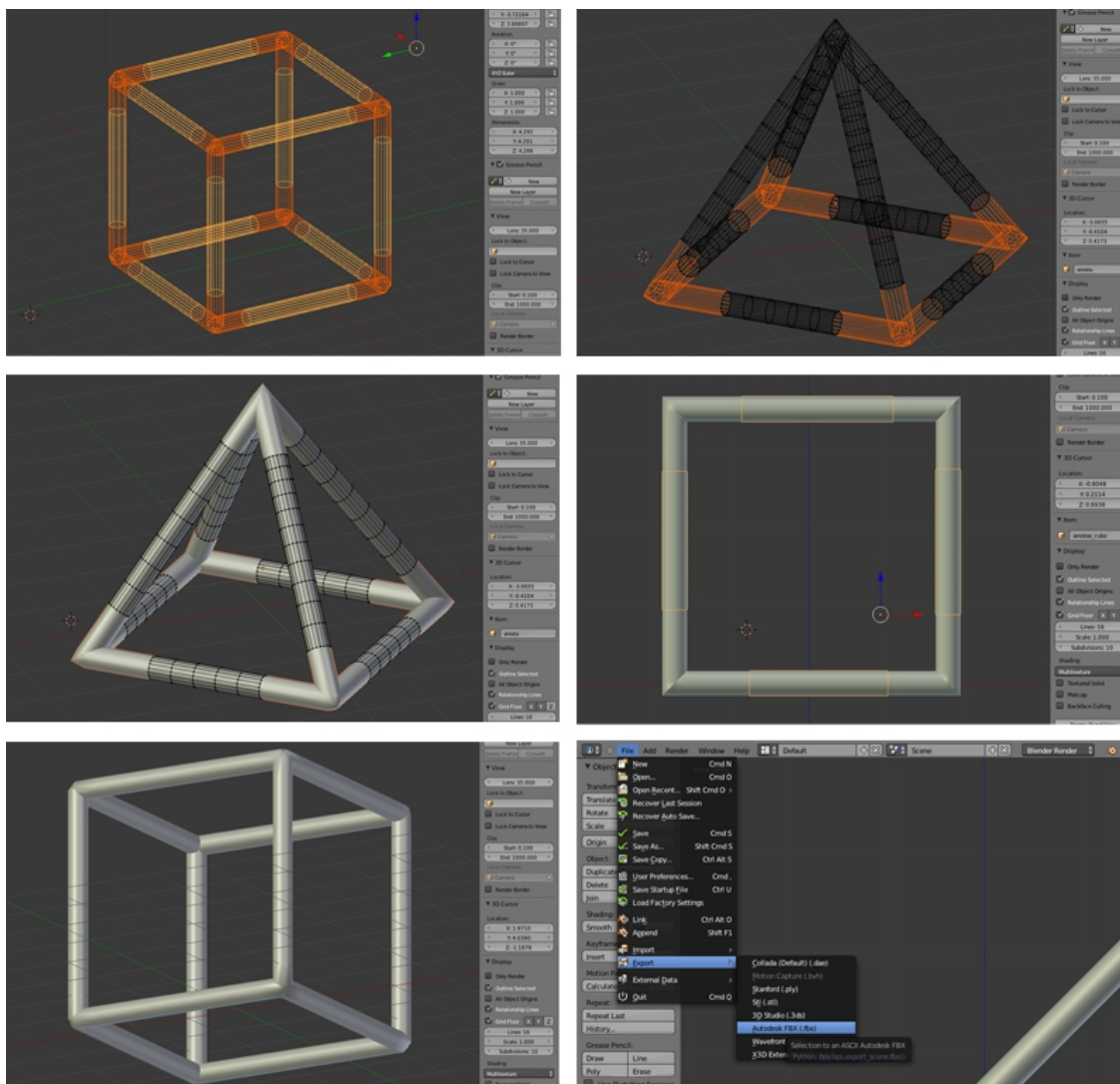


Figura 9: Desenho da construção de sólidos e figuras geométricas e a sua exportação em Blender.

3.3 Desenvolvimento

O primeiro passo realizado consistiu na importação de todos os elementos desenvolvidos e referidos na Secção 3.1 para o Unity3D. As cenas no Unity correspondem aos níveis. Deste modo, na primeira cena, a que atribuímos o nome de “*start*” e correspondente ao nível 0, introduzimos a imagem desenvolvida para o jogo e dois botões para iniciar o jogo e para abandoná-lo. Nesta cena funcionamos com a câmara principal (*Main Camara*) que se encontra por omissão do Unity visto ainda não haver cenas imersivas.



Figura 10: Marcador (padrão de reconhecimento).

Os objetos de jogo de nome *GUI Textures* serviram para introduzirmos as imagens e depois posiciona-las, escala-las ou roda-las onde desejamos. De modo que foi criada uma pasta de nome *Resources* onde importamos todas as GUI desenhadas, em formato .png para tirarmos partido dos recortes e das transparências. A importância das transparências reside no facto de que por vezes os interfaces podem-se sobrepor às

imagens visionadas pela câmara. Para o som foram seguidos os mesmos passos, só que desta vez não foi necessário aplicar em nenhum objeto de jogo, mas sim largar diretamente no centro da cena. Com o som selecionado, indicamos no painel *Inspector*, para que ele toque mal se inicie o jogo “*Play On Awake*” e para ficar em constante rotação “*Loop*”. Para os dois botões foi necessário primeiro criar dois objetos de jogo 3D *Text* e depois aplicar (*drag and drop*) em cada um o script que desenvolvemos em java para conseguirmos a interação (v.d. Fig. 11).

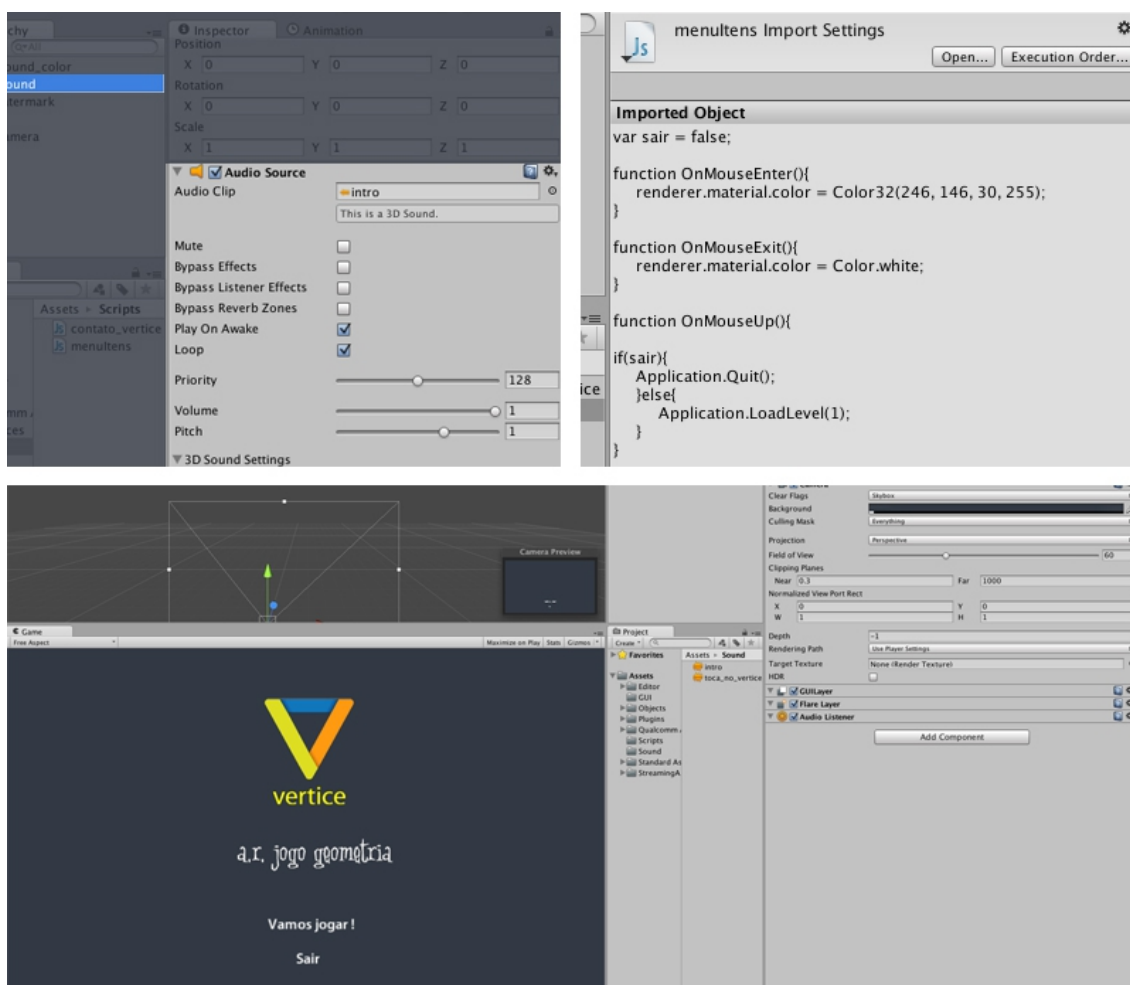


Figura 11: Desenvolvimento do jogo em Unity.

No nível 1, onde iniciamos propriamente o jogo, o desenvolvimento em primeiro lugar consistiu na integração do desenho do marcador (Fig. 10) com a extensão Vuforia. Depois do registo na plataforma *on-line* desta aplicação, foi necessário “criar uma base

de dados” onde a imagem do marcador é processada para logo de seguida descarregarmos o ficheiro (vertice_database.unitypackage) e o importar para o Unity3D. A aplicação Vuforia, como referido na Secção 2.3, oferece dois tipos de bases de dados, a *Devise Database*, que escolhemos por ser a mais indicada pela simplicidade do projeto, e a *Cloud Database*, que proporciona a utilização de um grande número de marcadores (*Image Targets*) numa base de dados acessível pela rede (v.d. Fig. 12).

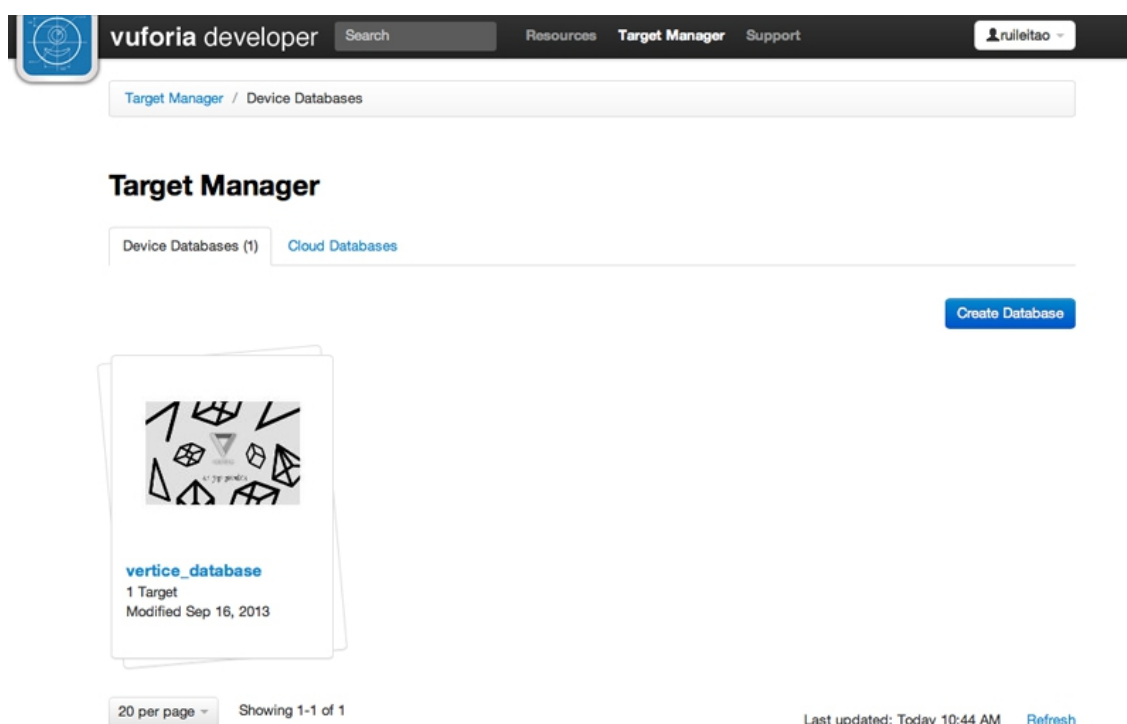


Figura 12: Criação da base de dados na aplicação Vuforia.

Já dentro do Unity é necessária a instalação de extensão Vuforia v2.6 para Android e iOS (vuforia-unity-android-ios-2-6-7.unitypackage). Este ficheiro pode ser conseguido a partir do endereço <https://developer.vuforia.com/resources/sdk/unity>. Todas estas instalações são efetuadas com apenas um click no ficheiro e logo se inicia no Unity3D. A importação da extensão do Vuforia gera um conjunto de pastas dentro do projeto. O primeiro passo a fazer foi o de apagar a câmara principal que vem com o Unity3D por omissão e colocar a “AR Camara” que o Vuforia oferece para aplicações com RA. A AR

Camara pode estar posicionada em qualquer parte da cena e pode ter várias configurações. Como no caso deste projeto pretendíamos uma vista de cima não foram necessárias qualquer alterações e utilizamos as características que estão por omissão. De seguida tivemos de acrescentar o marcador (*Image Target Prefab*) à cena e configura-lo. A *Image Target* (imagens que o Vuforia SDK consegue detetar e seguir), tal como a *AR Camara*, encontram-se dentro da pasta Qualcomm Augmented reality/Prefabs, e do mesmo modo é só efetuar o *drag and drop* para dentro da Hierarchy para obtermos a introdução do marcador para o posicionamento dos objetos.

No painel *Inspector*, com a *AR Camara* seleccionada, é necessário acrescentar ao *script* “*Data Set Load Behavior*” através da *checkbox Load Data Set*, o nosso vertice *_database* e ativá-lo. Do mesmo modo, também com o “*image target*” seleccionado, no *script* “*Image Target Behaviour*” é necessário configurar o componente *Data Set* com o marcador que pretendemos usar e automaticamente na vista da cena já podemos visualizar o marcador, v.d. Fig. 13.

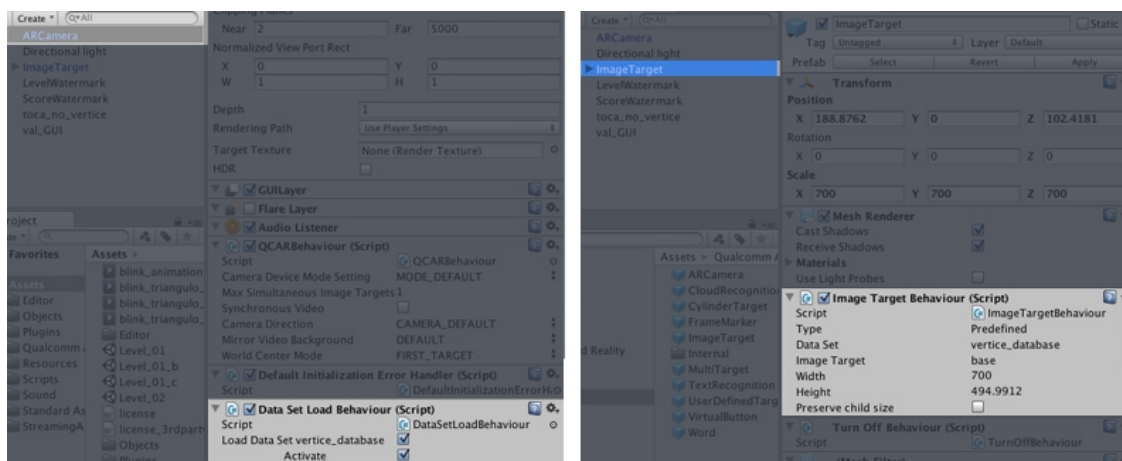


Figura 13: Configuração da extensão Vuforia.

Também foi necessário criarmos um ponto de luz para uma melhor visualização, e tal como em outro *software* de desenvolvimento 3D, o Unity oferece diferentes tipos de

iluminação. No nosso caso aplicamos uma “*directional light*” de forma a iluminar toda a cena.

Nesta fase estamos prontos para introduzir os modelos 3D. Aqui o importante é o modelo ficar subordinado à “*Image Target*” e a seguir podemos posiciona-lo e escala-lo como pretendido na própria cena (v.d. Fig. 14). Todos estes passos podem ser visualizados através dos tutoriais em vídeo disponíveis no espaço da Vuforia (Vuforia, 2013).

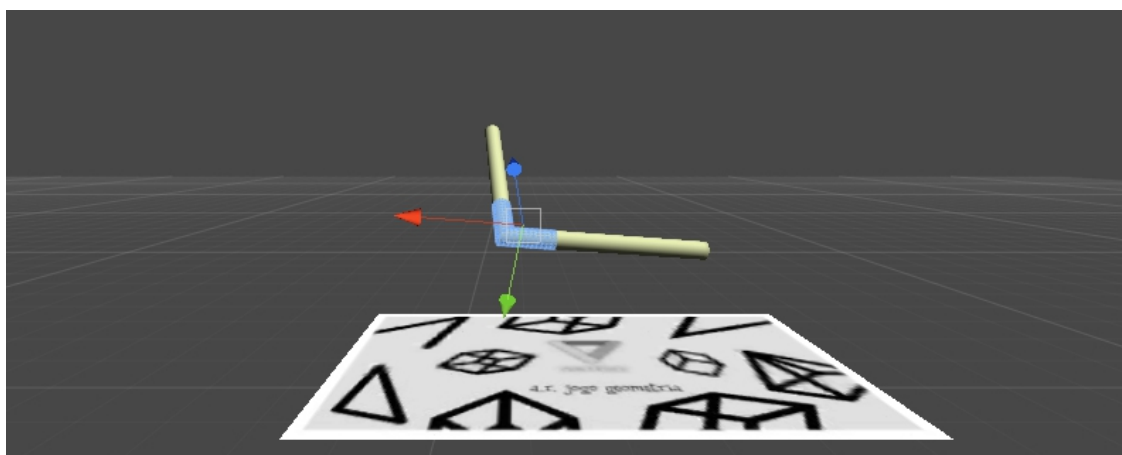


Figura 14: Visualização da cena. Image Target com modelo 3D.

Neste nível introduzimos dois “*GUI Texture*” para as imagens .png, uma correspondente à informação do nível em que nos encontramos e outra para o fundo da pontuação. Adicionamos também um *GUI Text* sobre o fundo da pontuação para atualização dos pontos a que demos o nome de “*val_GUI*”. Neste caso como esta informação não é uma imagem mas sim um texto, o Unity permite, também num processo de *drag and drop*, a importação de tipografia. Escolhemos uma fonte do sistema *semi bold* e sem *serif* para uma melhor legibilidade e atribuímos à “*val_GUI*”. A cor escolhida foi no sentido de criar um bom contraste com o fundo. O importante neste ponto é o de subordinar todas estas GUIs à “*RA Camara,*” pois se elas se encontrarem simplesmente dentro da *Hierarchy* ao iniciar a câmara, com o movimento, elas deixam de aparecer porque não

acompanham o movimento da câmara.

A seguir iniciamos as animações, que no nosso projeto (v.d. Fig. 15), simplesmente consistem num piscar para indicar o ponto de contato. Previamente, no âmbito do desenvolvimento dos modelos 3D, tivemos a preocupação de separar em objetos diferentes os pontos de contacto, facilitando agora as animações e as atribuições das ações.

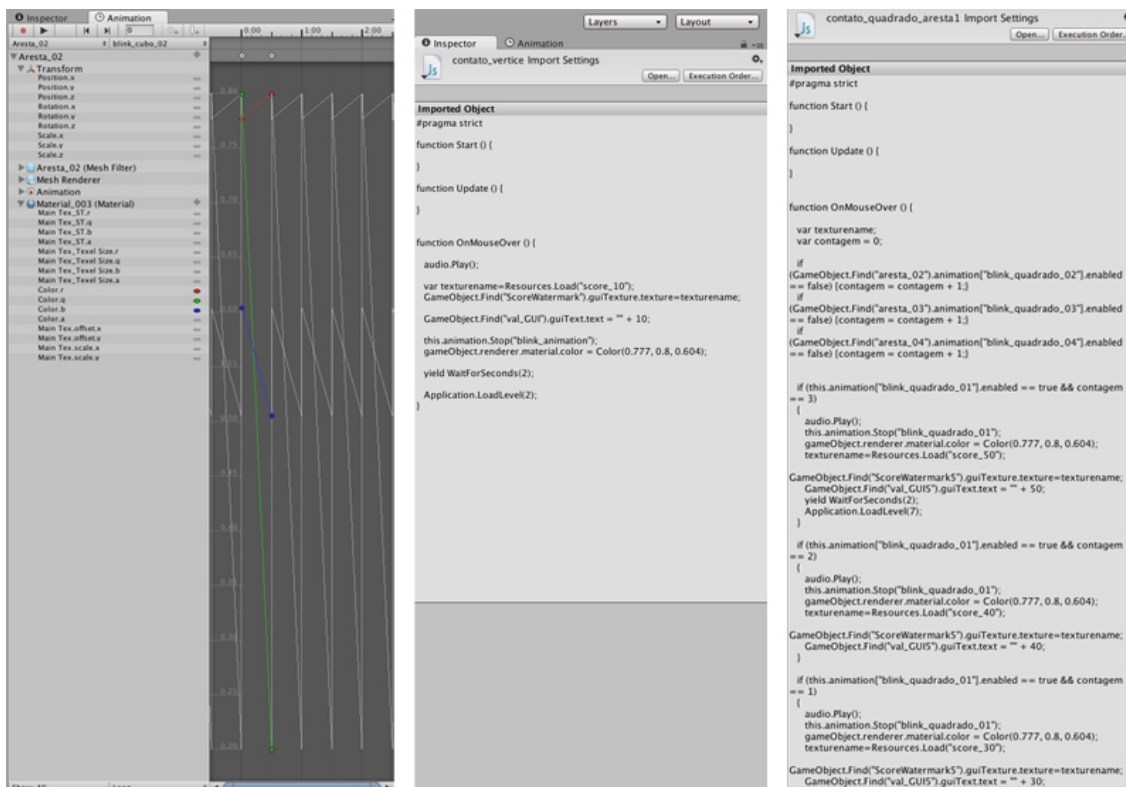


Figura 15: Animação e construção de código em JavaScript.

Com apenas o vértice selecionado, em *animation*, num processo semelhante a outros *software* de animação e vídeo, num espaço de trinta *frames* alteramos a cor e acionamos a sua constante rotação “*loop*.” Desta forma conseguimos o efeito de piscar com uma gradação até ao vermelho e depois com um corte mais radical de retorno à sua cor inicial. Atribuímos também um *script* em java, semelhante ao processo dos botões na cena inicial, em que desta vez lhe indicamos a passagem ao nível seguinte e a atribuição à val GUI (GUI text) dos primeiros pontos. Por fim adicionamos o som, o áudio inicial

correspondente à ação que é pretendida, e o de *feedback* pelo fim atingido. Como pensado inicialmente, num processo de simplificação de todas as estruturas, os níveis seguintes funcionam exatamente da mesma forma, sendo apenas necessário alterar os modelos dentro dos *Image Targets*, posiciona-los, escala-los, e roda-los conforme pretendido e reproduzir as animações.

Adicionalmente foi necessária a instalação de Android Developer Tools, ficheiro disponibilizado em <http://developer.android.com/sdk/index.html#>, para que fosse permitida a exportação e a conectividade do jogo com o dispositivo Android. Para tal é necessário indicar a sua localização nas preferências do Unity3D em *external tools*.

A aplicação *Unity Remote* permite que o dispositivo Android funcione como um controlo remoto do projeto do editor Unity3D. Desta forma o desenvolvimento é mais rápido, visto não ser necessário estar constantemente a compilar e a implementar no dispositivo Android sempre que é necessário visualizar o projeto por termos efetuado qualquer alteração. Esta operação pode ser feita a partir do endereço <http://docs.unity3d.com/Documentation/Manual/android-remote.html>.

3.4 Testes e ajustes

O *Unity Remote* permite fazer todos os testes necessários, mas não permite a instalação da aplicação em *smartphones*. Para isso podemos seguir vários caminhos. Um destes caminhos é recorrer ao Google Play (três etapas: registo, envio, publicação). Mas para a distribuição de produtos é necessário efetuar um registo onde é cobrado uma taxa única de \$25. O pagamento é efetuado pela Google Wallet, e após este passo estamos prontos a publicar as aplicações (<https://play.google.com/apps/publish/signup>).

Deste modo a instalação é muito simples, podendo ser realizada automaticamente através do site (<https://play.google.com>) ou da aplicação *Play Store* existente nas plataformas Android (PlayGoogle, 2013).

Outro caminho que pode ser adoptado é recorrer às configurações do Android. Do Android 1.6 até ao 2.3, a opção encontra-se em “Aplicativos” e depois é necessário seleccionar “Fontes desconhecidas”, permitindo a instalação de aplicativos que não são do *Google Play*. Para versões acima do 2.3 (Gingerbread), podemos encontrar essa mesma opção dentro de “Segurança”. Depois deste passo, através do cartão SD e com o gerenciador de arquivos, a instalação é efetuada pelo clicar no ficheiro APK. A instalação também pode ser feita através do cabo USB.

A Fig. 16 ilustra o jogo vértice a funcionar num smartphone Sony Xperia 3.2'' com 480× 320px.



Figura 16: Aplicação a funcionar em Sony Xperia 3.2.”

Capítulo IV

4 Resultados

Para a avaliação do protótipo foi solicitada a colaboração de uma escola do ensino básico público na cidade de Matosinhos. Visto o autor desta dissertação ter lecionado neste estabelecimento escolar durante alguns anos, a receptividade por parte da escola foi muito positiva. A avaliação foi efetuada no início do ano letivo de 2013/2014 com a participação de duas turmas (56 alunos, 33 do sexo feminino e 23 do sexo masculino), com idades compreendidas entre os oito e os nove anos. Foi solicitado pelo autor uma autorização informal aos encarregados de educação dos alunos para, realizar a experiência em contexto de aula, esta foi dada com a condição de não se apresentar as faces dos alunos. Deve-se referir que optou-se por este pedido informal, pois o processo do pedido oficial levaria demasiado tempo para permitir a entrega desta dissertação em tempo útil.

Na primeira turma, com 27 alunos, foram explicados os conceitos geométricos de vértice, aresta e face através de explicação verbal e de desenhos no quadro (Turma 1). Na segunda turma (v.d. Fig. 17), com 26 alunos, foi apresentado o jogo e as crianças interagiram com ele, uma de cada vez, através do *smartphone* do autor da dissertação (Turma 2).

4.1 Utilização do Jogo

Na Turma 2, tal como na Turma 1, inicialmente foram explicados os conceitos do âmbito do jogo que estão relacionados com os objetivos do projeto (mais detalhes na Secção 1.1). De seguida foi explicado o funcionamento do jogo com realidade

aumentada, pela semelhança do processo utilizado em jogos mais populares como Invizimals da PlayStation Portable (http://invizimals.eu.playstation.com/pt_PT/home). Durante a apresentação do jogo, foi também explicado que iam ouvir através do *smartphone* as indicações para as suas ações e qual era a imagem que ia servir como marcador para a qual tinham de direcionar o aparelho.



Figura 17: Turma 2 em interação com jogo.

A experiência inicialmente decorreu individualmente, mas com o decorrer do tempo começaram a surgir cada vez mais alunos à volta de quem estava a jogar, tanto no sentido de satisfação de curiosidade por parte de quem ainda não tinha chegado a sua vez, como também para interajuda por parte de quem já tinha passado pelo jogo.

Os jogos decorreram com facilidade por parte dos alunos, mas por vezes quando o som não se apresentava da melhor forma prejudicava a compreensão da ação, apesar de não prejudicar o seu percurso, devido às sinalizações visuais que existem nos primeiros níveis para uma maior envolvência no jogo.

De relevo, foi também a tendência para a utilização do smartphone deitado. Todas as crianças acabaram por o fazer, talvez devido à ligação com a PlayStation Portable.

4.2 Testes

Um teste (Apêndice A), para testar os conhecimentos adquiridos, foi apresentado às duas turmas no fim da explicação ou do jogo, de forma a obtermos informação da aprendizagem.

Na Turma 1 os resultados foram os seguintes: de 27 alunos, 9 alunos identificaram a aresta, 15 alunos identificaram o vértice e 16 identificaram a face (ver Figs 18, 19 e 20).

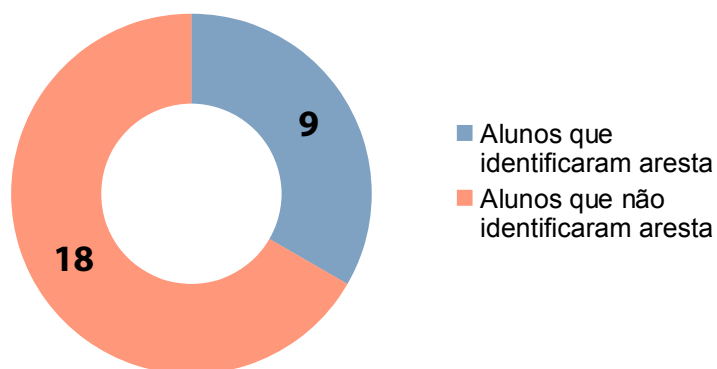


Figura 18: Identificação de arestas pelos alunos da Turma 1.

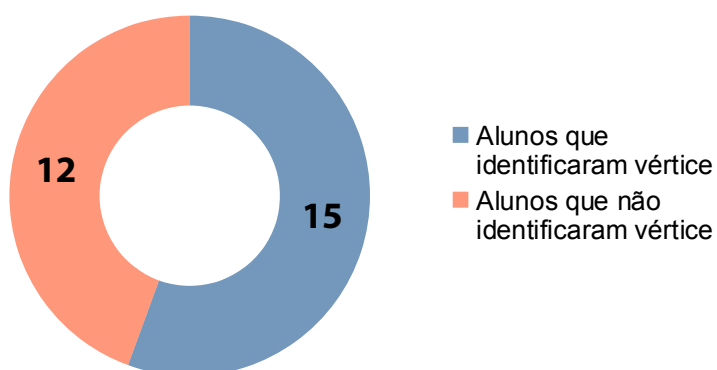


Figura 19: Identificação de vértice pelos alunos da Turma 1.

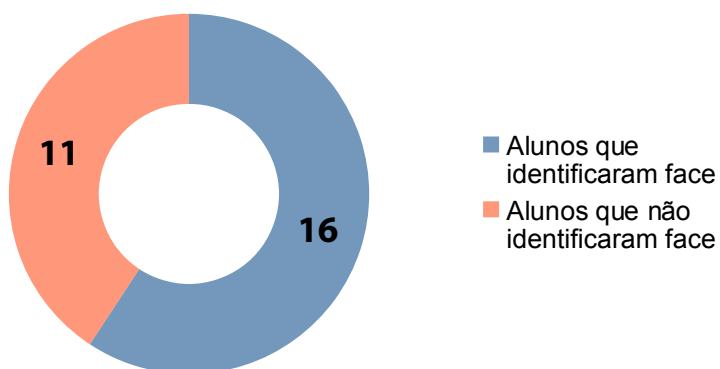


Figura 20: Identificação de face pelos alunos da Turma 1.

Na Turma 2 os resultados foram: 22 alunos identificaram a aresta, 23 o vértice e 23 a face (ver Figs 21, 22 e 23).

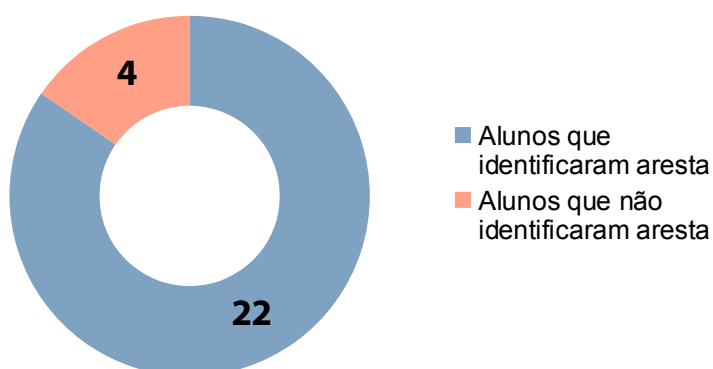


Figura 21: Identificação de aresta pelos alunos da Turma 2.

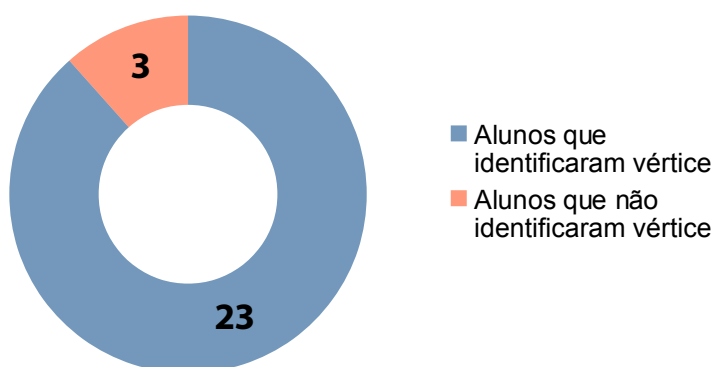


Figura 22: Identificação de vértice pelos alunos da Turma 2.

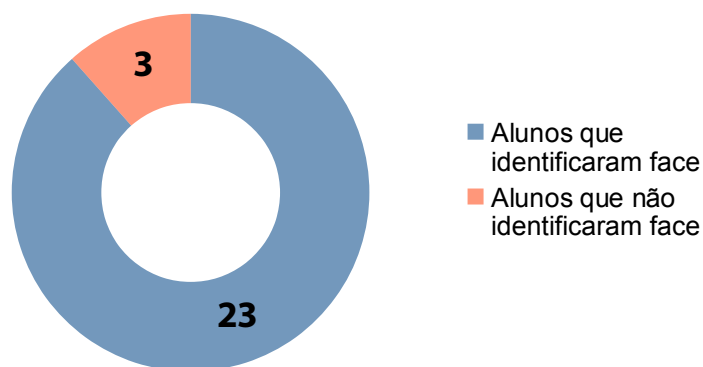


Figura 23: Identificação de face pelos alunos da Turma 2.

Tal como se pode constatar, houve uma diferença significativa na aprendizagem dos conceitos por parte dos alunos entre a Turma 1 e a Turma 2. Tal pode se dever ao nível da concentração dos alunos no momento em que foi explicada a matéria sem jogo na Turma 1, o método tradicional de transmissão de conhecimento sendo menos envolvente para os alunos. Além disso, o processo de jogo serviu para repetir várias vezes os conceitos através da interação e experimentação, o que contribuiu para o reforço do conhecimento.

Uma das limitações da avaliação é não ter sido efetuado um teste prévio como o objetivo de avaliar os conhecimentos de conceitos geométricos das crianças antes da explicação ou da interação com o jogo. Isto significou que não se pode determinar se a aprendizagem foi conseguida apenas durante a aula em que os conceitos de vértice, aresta e face foram apresentados (quer através de um ou do outro método) ou se as crianças já tinham conhecimentos prévios. Uma segunda área que poderia ter sido explorada em mais detalhe é se o facto de as crianças terem contato com as tecnologias tem alguma ligação com os resultados da aprendizagem através do jogo.

Uma hipótese seria que as crianças já familiarizadas com as tecnologias (computadores, *smartphones*, *tablets*, etc.) teriam uma maior facilidade em interagir com o jogo, e logo um melhor aproveitamento.

4.3 Discussão de resultados

O objetivo deste projeto foi desenvolver e implementar um jogo através da realidade aumentada e avaliar o seu uso efetivo no contexto do ensino de geometria.

Em relação à escolha da tecnologia, os *software* utilizados na criação do jogo destacaram-se pela facilidade de acesso à informação. Tanto o Blender, como o Unity3D e o Vuforia possuem um extenso conjunto de fontes de informação como tutoriais em video (tanto no canal Youtube, como nos seus próprios websites) e comunidades onde a resposta é bastante rápida e útil. Bons exemplos disto são o Blender PT (<http://forum.blender-pt.com>), o Vuforia developer (<https://developer.vuforia.com/forum>), e os variadíssimos fóruns da Community Unity (<http://forum.unity3d.com/forum.php>). Outra razão da escolha deveu-se à possibilidade da utilização gratuita dos programas para projetos não comerciais.

O desenvolvimento do protótipo foi um processo moroso porque requereu o domínio de diferentes *software* e plataformas. Permitiu compreender que os processadores das plataformas móveis nem sempre têm uma eficiência que permita um sistema estável para gerir toda a informação, mas ao mesmo tempo, o avanço tecnológico permite cada vez mais uma evolução positiva neste sentido. Outro ponto de discussão é a plataforma de apresentação. Apesar de existir uma variedade de suportes para a exportação da aplicação concluída, optou-se por fazer a exportação para *smartphone* Android. Esta decisão deveu-se às dificuldades encontradas com o reconhecimento gestual com as outras plataformas, bem como a necessidade de aquisição de equipamento suplementar e de licenciamento de *software*. No nível etário do público alvo, não é usual a posse de *smartphones*, mas isso não implica o desconhecimento deste tipo de equipamento. Foi surpreendente ver que é comum entre estas crianças a utilização destes equipamentos a partir de familiares.

O *design thinking* foi um processo de abordagem de problemas bastante importante no desenvolvimento. Neste processo houve sempre a atenção para quem se estava a trabalhar, que eram crianças/alunos que o iriam experienciar. Foi também um processo de procura de equilíbrio entre os objetivos (melhoria da capacidade de visualização dos alunos, compreensão de propriedades de sólidos geométricos no espaço, familiarização com o vocabulário da geometria) e toda a imagem de comunicação, prestando atenção a jogos populares desta faixa etária. Desta forma o desenho gráfico de interfaces, que representam as informações e ações para o aluno/utilizador, foram desenhados com uma notação secundária de forma a simplificar a usabilidade e a interferir o mínimo possível com a visão da câmara. Outra preocupação foi a abordagem centrada no utilizador, facilitando a aprendizagem, o manuseamento do jogo e não limitando a performance do utilizador. O *design thinking* também foi contributivo, desde os primeiros esboços, na aproximação a todo o processo de construção, de alunos do ensino básico, pela facilidade de contato diário do autor como professor de Expressão Plástica. E no contínuo pensamento de tentar-falhar-aprender-tentar novamente durante todo o processo, mas com maior incisão na escolha das tecnologias mais adequadas para o desenvolvimento do projeto.

As técnicas de *gamification*, com o design de jogos e o uso de elementos de jogo em contextos educativos, foram um processo de definição de comportamentos que influenciou toda a interação e a motivação. Mais que um sistema de pontuação que aumenta a motivação dos alunos, as mecânicas de jogo permitiram a integração com os conteúdos educativos e com a própria narrativa do jogo.

Em cima do conhecimento que o aluno possui, constrói-se novo conhecimento, através da experiência própria, o que possibilita a cada aluno ter a sua versão idiossincrática deste conhecimento. Desta forma, a aprendizagem é ativamente construída pelo aluno, e

não passivamente absorvida por livros ou explicações verbais, métodos que o construtivismo apoia. De salientar que o construtivismo não rejeita os meios clássicos de instrução. Estes métodos são apoiados pelo construtivismo se eles forem projetados de forma a permitir aos alunos a construção de um modelo mental viável com base num conhecimento pré-existente. Com a elaboração deste protótipo, procurou-se proporcionar aos alunos uma ferramenta de aprendizagem que facilitasse a aquisição de conhecimentos de acordo com princípios construtivistas. A receptividade dos alunos a este meio foi, como era de esperar, muito positiva, pois viram os conteúdos escolares de uma forma diferente e divertida. O modelo 3D, sobretudo pelas suas capacidades poderosas de apresentação, mostrou ser um meio bastante eficaz na compreensão da tridimensionalidade, comparado com os desenhos bidimensionais efetuados no quadro. Todo o trabalho realizado reforça o que outros autores já referiram, ou seja, permite concluirmos que a possibilidade de aprender através de jogos poderá favorecer significativamente a aprendizagem na formação de conceitos mais maduros de pensamento.

Capítulo V

5 Conclusões e trabalhos futuros

Este capítulo apresenta uma breve retrospectiva do trabalho realizado, perspetivando um desenvolvimento futuro ao sistema desenvolvido e são tecidas algumas considerações finais sobre o projeto de mestrado.

5.1 Conclusões

A realidade aumentada é um campo em grande crescimento que pode ser explorado para diversas aplicações adaptadas a cada área de conhecimento, com grande potencial na área da educação com o desenvolvimento de jogos educativos.

O jogo Vértice demonstrou possuir a capacidade de despertar curiosidade, motivação e iniciativa nas crianças, devido ao seu carácter envolvente e interativo. O facto de o jogo ser através de RA proporcionou uma grande curiosidade no decorrer da atividade. Mostrando atributos não encontrados na maioria dos jogos, despertou um maior interesse por parte dos alunos. Do ponto de vista pedagógico, ajudou-os a alcançar as competências que o jogo visava desenvolver: capacidade de visualização; a compreensão de propriedades dos sólidos geométricos e a familiarização com o vocabulário da geometria. Visto isto, relativamente às hipóteses levantadas inicialmente:

(a) Se o desenvolvimento de um jogo que pretende ser uma melhoria aos métodos tradicionais e (b) se o aprender a jogar, melhora da retenção de informação por parte dos alunos apoiada numa perspetiva construtivista, todo o trabalho permite concluir que as hipóteses foram comprovadas, i.e., a existência desta plataforma melhora as possibilidades de aprendizagem relativamente aos métodos tradicionais como os

desenhos bidimensionais realizados no quadro em contexto de sala de aula. Do mesmo modo, esta forma de aprendizagem construída através da atividade e interação dos alunos com o jogo num processo contínuo e ativo, possibilitou uma melhor resposta na resolução de problemas, confirmando assim os pressupostos construtivistas.

5.2 Trabalhos futuros

Tal como referido anteriormente, parece no entanto imprescindível um estudo mais aprofundado de forma a avaliar os alunos nos seus conhecimentos de conceitos geométricos antes e depois de aprenderem através do jogo. Também será necessário, num trabalho futuro, a realização de inquéritos para analisar a relação entre a qualidade da aprendizagem e o grau de familiaridade das crianças com as novas tecnologias (utilização de computadores, grau de dificuldade, a tipologia e a frequência e finalidade de utilização). Isso permitirá avaliar com mais precisão a eficácia efetiva do jogo no que diz respeito à aprendizagem.

A conceção e implementação deste projeto na área da educação proporcionou a exploração de conhecimentos teóricos e práticos no domínio da expressão gráfica e audiovisual, importantes para o desenvolvimento de competências tanto na utilização de recursos tecnológicos como de carácter de gestão criativa. Desta forma procurou-se sustentar a aprendizagem num produto e processos reais.

A construção do jogo abriu caminhos para desenvolvimentos futuros. Visto a aplicação ter sido desenvolvida para Android, um passo futuro poderia ser desenvolvida de igual modo para iOS e versão web. Será importante também num desenvolvimento futuro, o desenho com carácter responsivo, ou seja, que permita adaptar todos os conteúdos a todos os ecrãs de diferentes dimensões. A criação de mais níveis seria também um ponto importante de exploração, por exemplo, a sua continuação com sólidos geométricos

mais complexos, assim como a introdução de outros tipos de dificuldades (movimento e tempo, entre outras).

O som é outro ponto com potencial de desenvolvimento, não só no sentido de uma qualidade superior, mas também na colocação de uma voz mais apropriada ao público alvo, no desenvolvimento de novas melodias que acompanhassem o decorrer da narrativa e na diversidade dos sons de interação. Adicionalmente, a introdução de *leaderboards* permitiria não só uma forma de os jogadores medirem o seu próprio progresso, mas também uma forma de comparar as suas habilidades com as dos outros jogadores. E, por fim, a análise de dados do jogo (*Game Analytics*) seria uma maneira simples de seguir o comportamento do jogador. Através da sua recolha e análise, seria possível obter *feedback* para melhorar o design, a qualidade, encontrar erros e os corrigir.

As capacidades das novas tecnologias, a miniaturização dos equipamentos, a universalidade de acesso, a análise dos dados digitais por causa de sua natureza numérica, a facilidade de difusão e atualização, a largura de banda e a não menos importante economia de meios e recursos fazem com que este género de jogos reúna boas condições de trabalho para o ensino. Como contributo científico foi apresentado um paper na 6th *International Conference on Digital Arts* (Leitão et al., 2012), estando neste momento em fase de submissão um paper estruturado com base nos resultados do trabalho desenvolvido no âmbito do projeto deste mestrado, ao *International Journal of Art, Culture and Design Technologies* (Leitão et al., 2014).

Bibliografia

- Akagui, D., Kirner, C. (2004) *Livro Interativo com Realidade Aumentada*. In Proc. 7th Symposium on Virtual Reality - SVR'2004. São Paulo : Editora SENAC, 2004. v. 1. p. 394-394.
- AngryBirds (2013) Angry Birds, <http://www.angrybirds.com> [acedido em 14-03-2013].
- ARToolKit (2013) ARToolKit home page, <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/> [acedido em 14-03-2013].
- Audacity (2013) <http://audacity.sourceforge.net> [acedido em 14-03-2013]
- Away3D (2013) <http://www.away3d.com> [acedido em 14-03-2013].
- Barrett, L.K., Long, B.V. (2012) *The Moore Method and the Constructivist Theory of Learning: Was R. L. Moore a Constructivist?* PRIMUS: Problems, Resources, and Issues in Mathematics Undergraduate Studies, vol. 22, no. 1, pp. 75-84.
- Bie, M.H., Lipman, L.J.A., (2012) *The Use of Digital Games and Simulators in Veterinary Education: An Overview with Examples*. J. of Veterinary Medical Education, vol. 39, no. 1, pp. 13-20.
- Bimber, O., Raskar, R. (2005) *Spatial Augmented Reality – Merging Real and Virtual Worlds*, A K Peters LTD/ CRC Press.
- Blender (2013) www.blender.org [acedido em 14-03-2013].
- Blumberg, F. C., Almonte, D. E., Anthony, J. S., & Hashimoto, N. (2013). *19 Serious Games: What Are They? What Do They Do? Why Should We Play Them?*. The Oxford Handbook of Media Psychology, New York: Oxford University Press, pp. 334.
- Boyle, E., Connolly, T.M., Hainey, T. (2011) *The role of psychology in understanding the impact of computer games*. Entertainment Computing, vol. 2, no 2, pp. 69-74.
- Brave, S., Nass, C. (2009) *Emotion in human–computer interaction*. Human-Computer Interaction Fundamentals, Human Factors and Ergonomics, CRC Press, pp. 53-68. ISBN 978-1-4200-8881-6.
- Brown, T. (2008) *Design Thinking*, Harvard Business Review, pp 1-10.
- BuildAR (2013) <http://www.buildar.co.nz> [acedido em 03-05-2013].
- CallDuty (2013) Call of Duty <http://www.callofduty.com> [acedido em 03-05-2013].
- Catenazzi, N., Sommaruga, L. (2013). Mobile Learning and Augmented Reality: New Learning Opportunities. *SOCIAL MEDIA: CHALLENGES AND OPPORTUNITIES*, pp. 9-13.
- Chartier, T. (2013) *Frustrated with math? Try angry birds!* http://www.huffingtonpost.com/tim-chartier/frustrated-with-math-try-_b_1581042.html, [acedido em 14-03-2013].
- Credencys (2013) <http://www.credencys.com/arplatforms/vuforia/> [acedido em 07-04-2013].
- CryENGINE (2013) CryENGINE 3, <http://mycryengine.com> [acedido em 14-03-2013].
- Crystal (2013) Crystal Space <http://www.crystalspace3d.org> [acedido em 07-04-2013].

- Delta3D (2013) <http://www.delta3d.org> [acedido em 07-04-2013].
- Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., Nacke, L. (2011) *From Game Design Elements to Gamefulness: Defining “Gamification”*. In Proc. of the 15th Int. Academic MindTrek Conf.: Envisioning Future Media Environments, pp. 9-15.
- Dfusion, D’fusion studio (2013) <http://www.t-immersion.com/products/dfusion-suite/dfusion-pro> [acedido em 3-04-2013].
- Fifa (2013) Fifa 2012 <http://www.ea.com/fifa-soccer-12> [acedido em 3-04-2013].
- Gamberini, L., Barresi, G., Majer, A., Scarpetta, F. (2008) *A game a day keeps the doctor away: a short review of computer games in mental healthcare*. J. of CyberTherapy&Rehabilitation, vol. 1, no 2, pp. 127-145.
- Gartner (2011) *Gartner Says Between Now and Year-End 2014, Overlooked but Easily Detectable Business Process Defects Will Topple 10 Global 2000 Companies*. Gartner Business Process Summit, UK.
- Gartner (2011) <http://www.gartner.com/newsroom/id/1629214> [acedido em 3-04-2013].
- Gee, P.J. (2003) *What video games have to teach us about learning and literacy*, New York: Palgrave/Macmillan.
- GTA (2013) Grand theft auto, <http://www.rockstargames.com/grandtheftauto/> [acedido em 03-05-2013].
- Harbison, N. (2013) *How simple psychology can help increase brand engagement, the next web*, [http://thenextweb.com/socialmedia/2013/01/19/how-simple-psychology-can-help-increase-brand-engagement/?utm_source=twitterfeed&utm_medium=linkedin&utm_campaign=Feed:+TheSocialMediaChannel+\(TNW+Social+Media\)&goback=.gde_3674916_member_206176804](http://thenextweb.com/socialmedia/2013/01/19/how-simple-psychology-can-help-increase-brand-engagement/?utm_source=twitterfeed&utm_medium=linkedin&utm_campaign=Feed:+TheSocialMediaChannel+(TNW+Social+Media)&goback=.gde_3674916_member_206176804) [acedido em 03-04-2013].
- HeavyRain (2013) Heavy Rain, <http://www.heavyrainps3.com> [acedido em 03-05-2013].
- Huang, H.M., Rauch, U., Liaw, S.S. (2010) *Investigating learners’ attitudes toward virtual reality learning environments: Based on a constructivist approach*, Computers & Education, vol. 55, no. 3, pp. 1171-1182.
- IN2AR (2013) <http://www.in2ar.com> [acedido em 03-05-2013].
- J.M.F. Rodrigues, R. Lam and J.M.H. du Buf, “Cortical 3D Face and Object Recognition Using 2D Projections”, Int. J. of Creative Interfaces and Computer Graphics, Vol. 3, No 1, pp. 45-62, 2012.
- Junaio (2013) <http://www.junaio.com> [acedido em 03-04-2013].
- Kaufmann, H., (2004) *Geometry education with augmented reality*, PhD Thesis, Vienna University of Technology.
- Kirriemuir, J., McFarlane, A. (2004) *Literature Review in Games and Learning*, Graduate School of Education, University of Bristol, FUTURELAB Series, pp. 1-38.
- LaCava, L., (2010) *Serious Play, A case study exploring the selling of games-based learning in a Danish context and the prospects for its adoption*, Center for Marketing and Communication Copenhagen Business School, pp. 1-80.

- Layar (2013) Layar Vision, <http://www.layar.com/documentation/browser/howtos/layar-vision-doc/> [acedido em 03-04-2013].
- Leitão, R., Brito, A., Rodrigues, J.M.F. (2012) Aplicação de realidade aumentada para o ensino de sólidos geométricos, In Proc 6th Int. Conf. on Digital Arts, Algarve, Portugal, 8-9 Nov., pp. 423-426 (Portuguese only).
- Leitão, R., Rodrigues, J.M.F., Marcos, A. (2014) Game-based Learning: Augmented Reality in the teaching of geometric solids, In preparation for Int. J. of Art, Culture and Design Technologies (IJACDT)
- Li, J., Chen, Y. (2013) *An Analysis of the Influence of Visual Perception Characteristics to the Usability Design of Infants Application Interface*, Trans Tech Publications, Switzerland.
- Liedtka, J. (2013) *Design Thinking: What it is and why it works*, Design at Darden working paper series, Darden School of Business, http://batten.squarespace.com/storage/books-journals-articles/DesignThinking_WhatItIs_Liedtka.pdf, [acedido em 03-05-2013].
- Lim, S., Jee, H., Youn, J., Lee, J. (2012) *Augmented Reality-Based Role-Playing Contents for Education*. In Proc. Int. Conf. on IT Convergence And Security, Springer Lecture Notes in Electrical Engineering, vol. 120, no. 4, pp. 337-344.
- Malone, T.W. (1980) *What makes things fun to learn? A Study of Intrinsically Motivating Computer Games*, Pipeline, vol. 6, no.2, pp. 50-51.
- Metaio (2013) Metaio Creator, <http://www.metaio.com/> [acedido em 03-04-2013].
- Morais, A.M., Medeiros, D.P., Machado, L.S., Moraes, R.M. (2008) *RPG para Ensino de Geometria Espacial e o Jogo GeoEspaçoPEC*, Paper apresentado na VIII ERMAC 8º Encontro Regional de Matemática Aplicada e Computacional, 20-22 de Nov. de 2008, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.
- Muñoz, K., Lunney, T., Kevitt, P.M., Noguez, J., Neri, L. (2013) *An emotional student model for game-based learning*, Technologies for inclusive education: Beyond traditional integration Approaches, pp. 175-197.
- Nicholson, S. (2012). A User-Centered Theoretical Framework for Meaningful Gamification. Paper Presented at *Games+Learning+Society 8.0*, Madison, WI.
- Oblinger, D.G., Oblinger, J., Lippincott, J.K. (2005) *Educating the Net Generation*, Boulder Colorado: Educause.
- Ogre (2013) <http://www.ogre3d.org> [acedido em 15-04-2013].
- Olsson, R. (2011) Creating 3D games and apps with Away3D 4 and Stage 3D, <http://www.adobe.com/devnet/flashplayer/articles/creating-games-away3d.html> [acedido em 15-04-2013].
- Panda3D (2013) <https://www.panda3d.org> [acedido em 15-04-2013].
- PlayGoogle (2013) https://play.google.com/intl/ALL_pt/about/developer-distribution-agreement.html [acedido em 02-04-2013].
- Ponte, J. P., Serrazina, L., Guimarães, H. M., Breda, A., Guimarães, F., Sousa, H., Menezes, L., Martins, M. E. G., Oliveira, P. A. (2007). *Programa de Matemática do Ensino Básico*, Lisboa: Ministério da Educação, DGIDC.

Prensky, M. (2001) *Fun, Play and Games: What Makes Games Engaging*, Chap. 5 in *Digital Game-Based Learning*, McGraw-Hill.

Prensky, M. (2005) *Computer games and learning: Digital game-based learning*, *Handbook of Computer Game Studies*, MIT press.

Przybylski, A.K., Rigby, C.S., Ryan, R.M. (2010) *A Motivational Model of Video Game Engagement*, *Review of General Psychology*, vol. 14, no. 2, pp. 154–166.

Qualcomm Developer Network (2013) *Augmented Reality (Vuforia)* <https://developer.qualcomm.com/develop/mobile-technologies/Augmented-reality> [acedido em 25-09-2013].

Razak, A.A., Connolly, T., Baxter, G., Hainey, T., Wilson, A. (2012) *The use of Games-Based Learning at Primary Education Level Within the Curriculum for Excellence: A Combined Result of two Regional Teacher Surveys*, In *Proc. of the 6th Europ. Conf. on Games Based Learning*, pp. 401-409.

Resch, G. (2013) *Vision-Based Augmented Reality for Formal and Informal Science Learning*, PhD Thesis, University of Toronto.

Rollings, A., Adams, E. (2003) *On game design*, New Riders Press.

Satch (2013) <https://satch.jp/en/> [acedido em 25-09-2013].

Schank, R.C. (2000) *The Virtual University*, *CyberPsychology & Behavior*, vol. 3, pp. 9-16.

Silva, D.J., Silveira, I. (2012) *Jogos Educacionais com Realidade Aumentada: Desafios de Integração e Possibilidades na Construção de Objetos de Aprendizagem*, Paper apresentado na 7º Conf. Latinoamericana de Objetos y Tecnologías de Aprendizaje, 8-12 de Outubro de 2012, Guayaquil, Equador.

Silva, S.D.A. (2012) *Click, Share and Learn! Social Network Games as Serious Play*. In *Proc. 6th European Conf. on Games Based Learning*, pp. 31-38.

Sprenger, M. (2010) *Brain-based teaching: In the digital age*, North Beauregard Street, Alexandria.

Streck, H. (2013) *Six reasons for educational change!*, <http://gamifier.com/gamification-blog/six-reasons-for-educational-change/> [acedido em 07-03-2013].

Sykes, J. (2013) *Effective gaming: Advancing the argument for game-based learning* http://www.google.pt/books?hl=pt-PT&lr=&id=WRDb3pCcRJMC&oi=fnd&pg=PR1&dq=sykes+2006+effective+gaming:+Advancing+the+argument+for+game-based+learning&ots=cEJz3gMAp9&sig=0lyPSUp7aQbowiO_B8dE45xX29I&redir_esc=y#v=onepage&q=sykes%202006%20effective%20gaming%3A%20Advancing%20the%20argument%20for%20game-based%20learning&f=false [acedido em 02-04-2013].

Tobias, S., Fletcher, J.D. (2011) *Computer games and instruction*, Charlotte, NC: Information Age Publishing, Inc.

Unity (2013), Unity Technologies. Unity 4, <http://unity3d.com/unity/> [acedido em 03-04-2013].

van Eck, R. (2006) *Digital Game-Based Learning: It's Not Just the Digital Natives Who Are Restless*, *Educause Review*, vol. 41, no. 2, pp. 16-30.

van Eck, V.W. (2012) *How did we do it*, AR[t], Augmented reality, art and technology magazine, no. 01, pp. 36-41.

Vuforia (2013) Vuforia tutorials <http://developer.vuforia.com/resouces/tutorials> [acedido em 25-09-2013].

Werbach, K., (2012) *For the Win: How Game Thinking Can Revolutionize Your Business*, Kindle Edition.

XNA (2013) XNA Final Engine, <http://xnafinalengine.codeplex.com/> [acedido em 25-09-2013].

Yatim, M.H.M., Masuch, M. (2007) *Educating children through game making activity*, Otto-von-Guericke University of Magdeburg, http://www.learnit.org.gu.se/digitalAssets/862/862887_yatim_masuch.pdf [acedido em 25-09-2013].

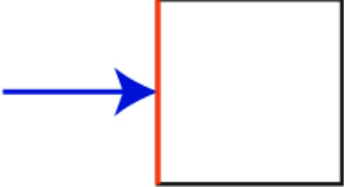
Zichermann, G., Linder, J. (2013) *Game-based marketing: inspire customer loyalty through rewards, challenges, and contests*, http://www.google.pt/books?hl=pt-PT&lr=&id=4Emhp4lGRgIC&oi=fnd&pg=PR13&dq=G.+Zichermann&ots=Um9dxxkPoav&sig=al1XCvt1ngFaJLNPeYkCgzMNeAA&redir_esc=y#v=onepage&q=G.%20Zichermann&f=false [acedido em 02-04-2013].

Zichermann, G., Linder, J. (2013) *The Gamification Revolution: How Leaders Leverage Game Mechanics to Crush the Competition*, McGraw-Hill.

Apêndice A

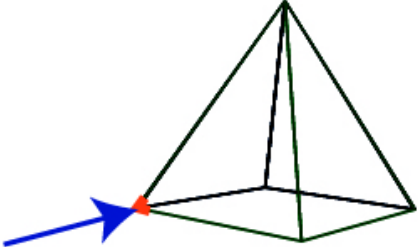
A Fig. A.1 ilustra um questionário efetuado para testar os conhecimentos adquiridos pelos alunos após a aprendizagem efetuada (“tradicional/exposição” vs jogo).

1. O que está assinalado no quadrado é...



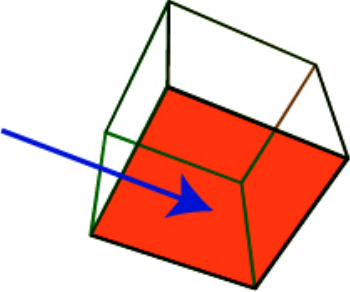
Vertice
 Aresta
 Face

2. O que está assinalado na pirâmide é...



Vertice
 Aresta
 Face

3. O que está assinalado no cubo é...



Vertice
 Aresta
 Face

Figura A.1: Questionário efetuado aos alunos do 1º ciclo que fizeram parte do grupo de controlo e do grupo teste.