

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



FEUP

**InteriorAR Desenvolvimento de uma Aplicação de
Realidade Aumentada para Decoração de Interiores**

Ruben Alexsander Pires Gonçalves da Veiga

Dissertação realizado no âmbito do

Mestrado em Multimédia

Orientador: Prof. Dr. Jorge Alves da Silva

Co-orientador: Prof. Dr. António Fernando Vasconcelos Cunha Castro Coelho

31 de Julho de 2012

InteriorAR Desenvolvimento de uma Aplicação de Realidade Aumentada para Decoração de Interiores

Ruben Alexander Pires Gonçalves da Veiga

Mestrado em Multimédia

Aprovado em provas públicas pelo Júri:

Presidente: Doutor Eurico Manuel Elias Morais Carrapatoso, Professor Auxiliar da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Vogal Externo: Doutora Cristina Fernandes Alves de Sá, Professora Auxiliar da Universidade Católica Portuguesa

Orientador: Doutor Jorge Alves da Silva, Professor Auxiliar da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Co-Orientador: Doutor António Fernando Vasconcelos Cunha Castro Coelho, Professor Auxiliar da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

RESUMO

A escolha das peças de mobiliário a serem usadas na decoração de um espaço interior nem sempre é uma tarefa fácil, pois nem sempre se tem a noção exata de como é que uma peça do mobiliário irá ficar num determinado espaço ou qual será a melhor posição e orientação dessa peça. Para efetuar essas tarefas é necessário transportar a peça de mobiliário de um lado para o outro, o que se torna cansativo e moroso.

A Realidade Aumentada apresenta um grande potencial para solucionar este tipo de problema pois possibilita a adição de objetos virtuais ao ambiente real, recorrendo apenas a um computador comum.

Nesta dissertação apresenta-se uma solução para decoração de interiores, baseada em técnicas de Realidade Aumentada, oferecendo aos seus utilizadores novas formas de interação para apoiar a decoração de interiores. Esta solução integra ainda a simulação da sombra dos objetos virtuais bem como o registo em imagem das opções de decoração experimentadas. Apresenta-se ainda um estudo, baseado na aplicação de um questionário a um conjunto de utilizadores, que demonstra a potencialidade e utilidade de uma solução como a proposta.

PALAVRAS-CHAVE: Realidade Aumentada, Realidade virtual, Interação, Decoração de interiores.

ABSTRACT

The choice of furniture for decorating an interior space is not always an easy task. Because not always we have the exact notion of how a piece of furniture will stay in a particular space or what is the best position and orientation of this piece. To perform these tasks we need to carry a piece of furniture from one side to the other, which becomes tiresome and time consuming.

Augmented Reality has a great potential to solve this problem because it allows the addition of virtual objects in real environment, using only an ordinary computer.

This dissertation presents a solution for interior decoration, based on Augmented Reality techniques, offering their users a new ways of interaction to support the interior design. This solution also includes the simulation of the shadow of virtual objects and the image registration of the decorating options tried. It also presents a study, based on application of a questionnaire to a set of users, which demonstrates the potential and usefulness of a solution as the proposal.

KEYWORDS: Augmented Reality, Virtual Reality, Interaction, Interior Decoration.

AGRADECIMENTOS

Nenhum trabalho científico é um trabalho solitário, assim este esteve apoiado por pessoas que nunca deixaram de nos animar e incentivar a prosseguir.

São estas pessoas a que gostaríamos de agradecer, pois sem eles não seria possível chegar ao fim.

Ao meu incansável orientador Professor Doutor Jorge Silva, pela sua disponibilidade e apoio, para que hoje tivesse este trabalho concluído.

Ao co-orientador Professor Doutor António Coelho, que também disponibilizou o seu tempo em apoiar e orientar, ganhando assim mais experiência com a sua convivência.

A todos que me ajudaram e me apoiaram durante os dois anos passados no Porto, A Igreja do Nazareno do Porto e seu Pastor Timóteo Pereira, pelas palavras amigas e de conforto, às queridas tias e aos colegas da Juventude Nazarena do Porto.

À minha família que amo muito e me tem ajudado em todos os instantes.

À minha querida irmã Debbie da qual amo muito e aos meus quatro irmãos Jotas : Jael, Josias, Júnia e Judite.

Ao meu mui amigo e estimável pai José Gonçalves.

A melhor prenda que podia ter acontecido na minha vida, minha namorada Joceneide Cardoso, pelo apoio e encorajamento, Dob na bo kode.

A minha mui e estimada mãe pelo carinho, apoio, exemplo de dedicação e esforço, sempre preocupada comigo e com o termino da minha dissertação, te amo muito.

E por último mas o mais importante a Deus pela vida, saúde, sabedoria e inteligência, Gloria seja dada a Ele.

ÍNDICE

RESUMO	IV
ABSTRACT	VI
AGRADECIMENTOS	VIII
ÍNDICE	X
LISTA DE FIGURAS	XII
LISTA DE TABELAS	XVI
LISTA DE GRÁFICOS	XVII
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	XVIII
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. CARATERIZAÇÃO DO PROBLEMA	1
1.2. MOTIVAÇÃO	1
1.3. OBJETIVOS	1
1.4. METODOLOGIA	2
1.5. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	2
2. REALIDADE AUMENTADA	3
2.1 CONCEITOS REALIDADE AUMENTADA	3
2.2 TIPOS DE SISTEMAS DE REALIDADE AUMENTADA	6
2.2.1 Sistema de visão ótica direta	7
2.2.2 Sistema de visão direta por vídeo	7
2.2.3 Sistema de visão por vídeo baseado em monitor	8
2.2.4 Sistema de visão ótica por projeção	8
2.3 APLICAÇÕES DE REALIDADE AUMENTADA	9
2.3.1 Educação	9
2.3.2 Medicina	11
2.3.3 Anotação e Visualização	12
2.3.4 Aviação	13
2.3.5 Arquitetura e construção	14
2.3.6 Entretenimento e Jogos	15
2.4 APLICAÇÕES DE REALIDADE AUMENTADA PARA DECORAÇÃO	17
2.4.1 SNAPSHOT	18
2.4.2 My.IKEA	19
2.4.3 PANASONIC VIERA AR Setup Simulator	21
2.4.4 ARInterior	22
2.5 API'S PARA DESENVOLVIMENTO DE APLICAÇÕES DE REALIDADE AUMENTADA	23
2.5.1 Artoolkit	23
2.5.2 ARTag	25
2.5.3 DART	25
2.5.4 NyARToolkit	26
2.5.5 osgART	26

2.5.6 FLARToolKit.....	27
2.5.7 HandyAR.....	27
2.5.8 Estudo comparativo entre API's	29
3. DESENVOLVIMENTO DA APLICAÇÃO	31
3.1 FUNCIONAMENTO DO ARTOOLKIT	31
3.1.1 <i>Detecção de marcadores</i>	32
3.1.2 <i>Seguimento</i>	35
3.2 CRIAÇÃO DAS MARCAS	36
3.2.1 <i>O que são ficheiros padrão?</i>	36
3.2.2 <i>Criação de novos marcadores</i>	36
3.2.3 <i>Criação dos ficheiros padrão dos meus marcadores</i>	37
3.2.4 <i>Criação dos ficheiros padrão dos meus marcadores</i>	39
3.3 CRIAÇÃO DE OBJETOS VIRTUAIS 3D.....	40
3.4 INTRODUÇÃO DE OBJETOS VIRTUAIS NA CENA	50
3.4.1 <i>Reconhecimento das marcas de referência</i>	50
3.4.2 <i>Inserção e movimentação de objetos virtuais na cena</i>	51
3.5 INTERFACE DO INTERIORAR	53
4. RESULTADOS.....	56
4.1 ILUSTRAÇÃO DO SISTEMA EM DIVERSAS SITUAÇÕES.....	56
4.2 ANÁLISE DOS DADOS DO QUESTIONÁRIO.....	64
4.3. AVALIAÇÃO DO SOFTWARE.....	78
5. CONCLUSÃO.....	79
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81
ANEXOS	86
QUESTIONÁRIO.....	87
TABELA COM OS DADOS DO INQUÉRITO.....	90

Lista de Figuras

Figura 1 Mistura de realidades (adaptada de MILGRAM , 1994).....	3
Figura 2 Exemplo de cena virtual em ambiente real (AZUMA,1997)	5
Figura 3 sistema de visão óptica direta (www18)	7
Figura 4 Sistema de visão direta por vídeo (www18).....	8
Figura 5 Sistema de visão por vídeo baseado em monitor (www18).....	8
Figura 6 Sistema de visão ótica por projeção (LUZ, 2009).....	9
Figura 7 Exemplo LIRA (OLIVEIRA, 2005).....	10
Figura 8 Studierstube (ICG, Áustria) (www1)	10
Figura 9 Construct3D Ensino da matemática e da geometria (RIBEIRO, COSTA, 2009)	11
Figura 10 Sobreposição de imagens do interior do paciente (CT, MRI) a imagens exteriores (AI Lab, MIT).....	11
Figura 11 Biopsia com agulhas: condução da inserção da agulha (AZUMA,1997)	12
Figura 12 Anotações em tempo real de informação sobre monumentos, ruas, e edifícios (www2).....	13
Figura 13 Introdução de linha virtual numa partida de Futebol Americano em tempo real(AZUMA,2001).....	13
Figura 14 Realidade Aumentada na aviação (www17)	14
Figura 15 Reconstrução de templo de Philippion, em Olímpia, Grécia (ww3)	14
Figura 16 Cartões de <i>Basebol</i> colecionáveis (www4).....	15
Figura 17 Invizimals para a PSP (www5)	16
Figura 18 Exemplo de um jogo da Kinect da Microsoft Xbox 360 (www6)	16
Figura 19 Exemplo do Jogo EyePet do EyeToy da PS3 (www7).....	17

Figura 20 Jogo ARQuake (www8).....	17
Figura 22 IKEA 2.0.....	19
Figura 23 Interface do My.IKEA (www10).....	20
Figura 24 Exemplo marca com informação dos móveis do My.IKEA (www10).....	20
Figura 25 VIERA AR Setup Simulator (www11)	21
Figura 26 Interface do ARInterior (SILTANNE, 2006).....	22
Figura 27 ARInterior (SILTANEN, 2006)	22
Figura 28 Exemplo de um marcador ARToolkit (www12)	23
Figura 29 Exemplo do funcionamento do ARToolKit.....	24
Figura 30 Funcionamento do Artoolkit (www13).....	24
Figura 31 Exemplos de aplicações com ARTag	25
Figura 32 Funcionamento HandyAR (LEE, HÖLLERER, 2007).....	28
Figura 33 Detecção da ponta dos dedos com HandyAR (LEE, HÖLLERER, 2007)	28
Figura 34 Exemplo aplicação com HandyAR (LEE, HÖLLERER, 2007)	28
Figura 35 Diagrama descrevendo os passos de detecção dos marcadores e posicionamento dos objetos virtuais nos marcadores ((www13))	32
Figura 36 Principio do algoritmo de detecção do ARToolKit (www14)	33
Figura 37 Funcionamento e funções de detecção do ARToolKit (www14)	34
Figura 38 Relação entre os sistemas de coordenadas do marcador e da câmara (www15).....	35
Figura 39 Modelo para criação de marcas (www16)	37
Figura 40 Marcador do objeto cadeira <i>markerinteriorARC</i>	38
Figura 41 Marcador do objeto mesa <i>markerinteriorARM</i>	38
Figura 42 Marcador do objeto sofá <i>markerinteriorARS</i>	39
Figura 43 <i>Printscreen</i> do Terminal.....	39
Figura 44 Criação de padrão com o <i>mk_patt</i>	40
Figura 45 <i>Mesh</i> da cadeira <i>awesomechair</i>	42
Figura 46 Inserção de textura no <i>mesh</i> do <i>Awesomechair</i>	43

Figura 47 Criação do <i>bake shadow</i> para o <i>awesomechair</i>	44
Figura 48 Render do modelo <i>awesomechair</i>	45
Figura 49 <i>Mesh</i> do modelo <i>awesomechinesetable</i>	46
Figura 50 Inserção da textura madeira no modelo <i>awesomechinesetable</i>	46
Figura 51 Criação do <i>bake shadow maps</i> para o modelo <i>awesomechinesetable</i>	47
Figura 52 Renderização do modelo <i>awesomechinesetable</i>	47
Figura 53 <i>Mesh</i> do modelo <i>awesomecouch</i>	48
Figura 54 Inserção da textura de tecido no modelo <i>awesomecouch</i>	49
Figura 55 Criação do <i>bake shadow map</i> para o <i>awesomecouch</i>	49
Figura 56 Visão geral do ficheiro <i>Data\object_vrml_data</i> (BERRE ET ALL)	50
Figura 57 Ficheiro <i>Object_vrml_data</i> da aplicação InteriorAR.....	51
Figura 58 Ficheiro <i>awesomechair.dat</i> para objeto Cadeira.....	52
Figura 59 Ficheiro <i>awesomechinesetable.dat</i> para objeto Mesa.....	52
Figura 60 Ficheiro <i>awesomecouch.dat</i> para objeto Sofá	52
Figura 61 Pasta Wrl com os ficheiros virtuais em vrml e os respetivos ficheiros .dat.....	53
Figura 62 Utilização do ficheiro <i>object_vrml_data</i> na aplicação InteriorAR	53
Figura 63 Interface InteriorAR.....	54
Figura 64 Opção de salvar uma imagem com a decoração	55
Figura 65 Ícone da aplicação InteriorAR.....	55
Figura 66 Primeiro teste com apenas um marcador registado.	56
Figura 67 Registo de todos os marcadores a serem utilizados pelo InteriorAR	57
Figura 68 Introdução da <i>awesomechair</i> na cena real e teste de escala do objeto	58
Figura 69 Introdução da <i>awesomecouch</i> na cena real e teste de escala do objeto.....	58
Figura 70 Introdução da <i>awesomechinesetable</i> na cena real e teste de escala do objeto.....	59
Figura 71 Objeto virtual <i>awesomechair</i> com escala real e com textura.	59
Figura 72 Objeto virtual <i>awesomecouch</i> com escala real e com textura.....	60
Figura 73 Objeto virtual <i>awesomechinesetable</i> com escala real e com textura.	60

Figura 74 Objeto virtual awesomechair com escala real, com textura e sombra.	61
Figura 75 Objeto virtual awesomecouch escalado com textura e sombra	62
Figura 76 Objeto virtual awesomechinesetable escalado com textura e sombra	62
Figura 77 Teste com os objetos awesomechair e awesomecouch na cena	63
Figura 78 Teste com os objetos awesomechair e awesomechinesetable na cena	63
Figura 79 Teste com todos os objetos virtuais na cena.....	64
Figura 80 Utilizadores testando o InteriorAR	77

Lista de Tabelas

Tabela 1 Tabela comparativa da utilização ou não de Marcadores	29
Tabela 2 Tabela comparativa em diferentes bibliotecas de RA	29
Tabela 3 Biblioteca de RA de acordo com plataformas de desenvolvimento	30
Tabela 4 Bibliotecas de RA de acordo com o sistema operativo.....	30
Tabela 5 Passos e funções implementas nos dos exemplos do ARToolKit.....	32

Lista de Gráficos

Gráfico 1 Idade	65
Gráfico 2 Habilitações literárias	65
Gráfico 3 Área de atividades	66
Gráfico 4 Dificuldade na escolha de uma peça de mobiliário	67
Gráfico 5 Grau de dificuldade na escolha do mobiliário	68
Gráfico 6 Tipo de dificuldade encontrada	69
Gráfico 7 Conhecimento da Realidade Aumentada.	69
Gráfico 8 Utilização de aplicações de Realidade Aumentada.	70
Gráfico 9 Utilizadores possuem uma webcam.	71
Gráfico 10 Possibilidade de adquirir uma webcam de forma a tirar partido da Realidade Aumentada.	72
Gráfico 11 Adjetivo para descrever a tecnologia.	73
Gráfico 12 Dificuldade na utilização da aplicação InteriorAR.....	74
Gráfico 13 Dificuldades no manuseamento dos marcadores.....	75
Gráfico 14 Grau de facilitação da escolha de mobiliário com o InteriorAR.....	76
Gráfico 15 Utilização da aplicação como apoio para escolha de mobiliário	77

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

2D – Bidimensional

3D – Tridimensional

6-DOF – *six degree of freedom*, liberdade de movimento de um corpo rígido no espaço tridimensional

app - extensão de nome de arquivo para aplicação (*application*) no Mac OS X

API - *Application Programming Interface* ou, em português, Interface de Programação de Aplicação

ARToolKit – *Augmented Reality toolkit*

AS3 – *Actionscript 3.0*

CV – *Computer vision* ou, em português, visão computacional

GLP – GNU *General Public License* ou, em português, Licença Pública Geral

IDE - *Integrated Development Environment* ou, em português, Ambiente de desenvolvimento integrado

JPEG/JPG - *Joint Photographic Experts Group*, formato de compressão de imagem fotográfica

OpenGL - *Open Graphics Library*

OSX – sistema operativo proprietário baseado no *kernel Unix*, o *OpenDarwin*, desenvolvido pela *Apple* destinado exclusivamente ao computadores *Mac*

PS3 – *Playstation 3*

PSP – *Playstation Portable*

RA – Realidade Aumentada

RV – Realidade Virtual

Tiff - *Tagged Image File Format* – formato de arquivo *raster* ou *bitmap*

VRML - *Virtual Reality Modeling Language* ou, em português, Linguagem para Modelação de Realidade Virtual)

WRL – extensão dos ficheiros em VRML

XCode – um IDE com uma variedades de ferramentas de desenvolvimento de software desenvolvida pela Apple para o desenvolvimento de aplicações para OSX e iOS

1. INTRODUÇÃO

1.1. Caracterização do Problema

A escolha de peças de mobiliário a serem utilizadas na decoração de um espaço interior nem sempre é uma tarefa fácil, sendo frequentemente necessário fazer experiências com peças reais que têm de ser transportadas entre a loja do vendedor e o espaço a decorar.

Nesta dissertação de Mestrado pretendemos desenvolver uma aplicação de Realidade Aumentada que possibilite antever o resultado da decoração de um espaço interior, acrescentando a uma imagem real desse espaço alguns objetos virtuais que representam peças de mobiliário, dando uma sensação de integração perfeita destes objetos no mundo real.

O único equipamento necessário será um computador, uma câmara *Web* e um ou mais marcadores. A câmara *Web* captará uma imagem do espaço interior no qual estarão colocados os marcadores que servirão de referência para a colocação das peças de mobiliário virtual. Estes marcadores são folhas de papel nas quais está impresso um padrão, diferente para cada uma das peças. Estas peças poderão ser deslocadas ou rodadas livremente no espaço a decorar, atuando sobre o marcador respetivo. A imagem aumentada será mostrada no ecrã do computador.

1.2. Motivação

A motivação para o desenvolvimento deste projeto baseou-se na ideia inovadora para a criação de uma aplicação interativa de Realidade Aumentada que facilite a antevisão do resultado da inserção de novas peças de mobiliário num ambiente interior sem necessidade de experiências com peças reais que têm de ser transportadas entre a loja do vendedor e o espaço a decorar.

1.3. Objetivos

Este trabalho tem como objetivo geral o desenvolvimento de uma aplicação de Realidade Aumentada, para decoração de interiores, utilizando uma das ferramentas de desenvolvimento de aplicações de Realidade Aumentada. E os objetivos

específicos são:

- Criação de algumas peças simples de mobiliário virtual.
- Integração das peças virtuais no mundo real, recorrendo à *API* selecionada.
- Desenvolvimento de uma interface que permita controlar, de forma fácil, a posição dos objetos virtuais na cena e outros parâmetros que venham a revelar-se necessários.

1.4. Metodologia

Este trabalho foi realizado através da pesquisa baseada na Internet e do suporte bibliográfico da Biblioteca da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto para a elaboração do estado da arte da Realidade Aumentada e análise dos métodos e fases de construção de uma aplicação interativa de Realidade Aumentada.

Análise bibliográfica e seleção de informações para o desenvolvimento da aplicação InteriorAR e teste do software interativo de Realidade Aumentada para a decoração de interiores. Aplicação e análise de um questionário.

1.5. Organização do trabalho

Este trabalho encontra-se dividido da seguinte forma:

No capítulo 1, introdução e apresentação ao tema em questão, os objetivos e metodologias utilizadas para elaboração do projeto e da dissertação.

O Capítulo 2, com a fundamentação teórica, dos conceitos, definições, dispositivos e aplicações da Realidade Aumentada.

O Capítulo 3, a descrição do sistema desenvolvido e a metodologia utilizada.

O Capítulo 4, descrição dos testes realizados bem como a apresentação dos resultados e avaliações.

E finalmente no capítulo 5 serão apresentadas as considerações e conclusões finais.

2. REALIDADE AUMENTADA

2.1 Conceitos Realidade Aumentada

Poder-se-á definir a Realidade Aumentada como sendo uma tecnologia, que combina elementos do mundo real com elementos virtuais em 3D, permitindo a interatividade entre objetos tanto reais como virtuais em tempo real.

Consiste na sobreposição realizada por meio de algum dispositivo tecnológico de objetos virtuais tridimensionais 3D criados por computador num ambiente real. Tem origem num campo específico da Informática, que explora a integração do mundo real com elementos virtuais ou dados criados por computador, é uma modalidade avançada de Realidade Virtual. Enquanto a Realidade Virtual não sai do escopo do monitor ou de uma projeção, a Realidade Aumentada vai além, fazendo com que o utilizador interaja no próprio meio onde vive, dando-lhe maior conforto, e segurança em suas aplicações.

O mundo real e o mundo virtual podem ser combinados em diferentes proporções. Em 1994, Paul Milgram e Fumio Kishino introduziram o conceito de "realidade mista" através do qual pretendiam representar as diferentes possibilidades de combinação entre o mundo real e o mundo virtual, desde uma situação em que os objetos são maioritariamente reais até outra em que os objetos são maioritariamente virtuais, (Figura 1).



Figura 1 Mistura de realidades (adaptada de MILGRAM , 1994)

De acordo com Cadoz “o primeiro contato com realidade virtual registado, foi em 1966 , por Ivan Sutherland, considerado nos EUA como o pioneiro da Realidade Virtual,

juntamente com seus colegas do Laboratório *Lincoln*, realizando experiências com diversos tipos de capacetes de visão”[5]. Em 1970 foi desenvolvida uma das primeiras aplicações de Realidade Virtual, fazendo uso de um dos primeiros dispositivo de imersão, o utilizador podia ver flutuar no ar um cubo com arestas de 10 cm. Não obstante sua figuração simplista, esse cubo, que ficava numa posição estável independentemente dos movimentos da cabeça do utilizador dando a aparência de ser real.

A definição de Realidade Virtual veio se consolidando a partir de meados da década de 90, segundo *Cadoz* “a Realidade Virtual estava caracterizada como um tipo de imersão dentro de uma imagem, isto é, pode-se ver, ouvir, tocar ou manipular objetos que não existem, percorrer espaços, tendo a absoluta certeza da realidade e da presença destes objetos virtuais”[5].

Segundo *Burdea and Coiffet* , “Realidade Virtual é em termos funcionais uma simulação nas quais imagens de computador são usadas para criar uma aparência do mundo real. Além disso, o mundo sintético não é estático, mas responde às entradas do utilizador (gestos, comandos verbais, etc.), tendo como principais características, a resposta em tempo real e a interatividade, envolvendo o utilizador por meio de múltiplos canais sensoriais”[3]. Tempo real, neste contexto, significa que o computador estará preparado para detetar as entradas do utilizador e modificar instantaneamente o mundo virtual. Interatividade é um poder cativante que contribui para o sentimento de imersão.

Tendo em conta a história, pode-se identificar 4 gerações de interfaces:

1ª geração: interface por comandos de teclado;

2ª geração: interface por menus/rato;

3ª geração: utilização de RV – interface 3D;

4ª geração: mundo real povoado com objetos virtuais.

Estamos caminhando para a 4ª geração, na qual os objetos virtuais farão parte da nossa vida quotidiana, seja ela em nosso trabalho, bancos, lazer, onde a forma de interação se dará de forma natural, usando nossos próprios movimentos corporais para manipulá-los.

Tendo com ponto de partida a Realidade Virtual, alguns investigadores tais como Milgram (1994), Bajura (1995), Azuma (1997), Feiner (1997) e Billinghurst (1998) desenvolveram diversas pesquisas no âmbito da Realidade Aumentada.

De seguida apresentar-se-ão algumas dessas definições.

Bajura define a Realidade Aumentada como sendo “sobreposição de objetos virtuais no mundo real, mediante algum dispositivo tecnológico, incrementando, dessa forma, a visão do utilizador”[4].

Enquanto que para Azuma, “a Realidade Aumentada é vista como uma interface que permite ao utilizador interagir com objetos 3D inseridos no mundo real. Objetos tridimensionais gerados por sistemas computacionais geralmente apresentam vantagens quando comparados às imagens tradicionais”[1]. O facto é explicado pela maior interação, já que esses objetos podem ser manipulados pelo utilizador de acordo com diferentes pontos de vista (Figura 2).

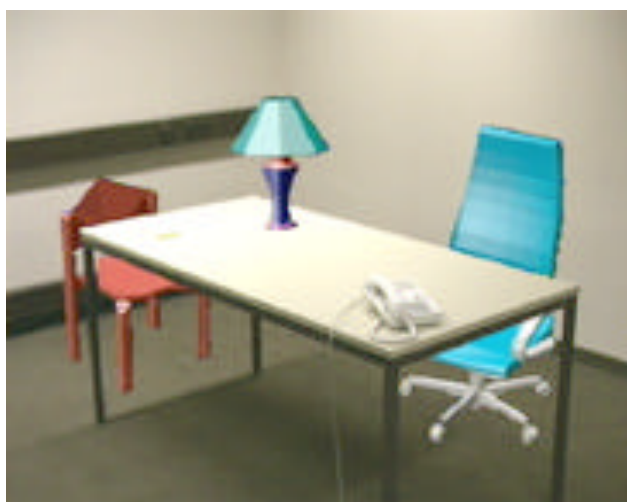


Figura 2 Exemplo de cena virtual em ambiente real (AZUMA,1997)

Feiner escreveu que “enquanto a Realidade Virtual substitui o mundo real, a Realidade Aumentada o complementa com informações adicionais”[10]. Kirner por sua vez define que a Realidade Aumentada “é o enriquecimento do ambiente real com objetos virtuais, usando algum dispositivo tecnológico, funcionando em tempo real”[17].

Então podemos dizer que a Realidade Aumentada:

- Proporciona ao utilizador uma interação segura;
- Sem qualquer necessidade de treinamento;
- Ele pode trazer para o seu ambiente real objetos virtuais;
- Incrementando e aumentando a visão que ele tem do mundo real;
- Proporciona também, ao utilizador, a possibilidade de manusear os objetos, possibilitando uma interação atrativa e motivadora com o ambiente.

Para o funcionamento da Realidade Aumentada é necessário apenas três componentes básicos:

1. Uma cena real com algum tipo de marca de referência, que possibilite a interpretação e criação do objeto virtual;
2. Câmara ou dispositivo capaz de captar e transmitir a imagem do objeto real;
3. Software capaz de interpretar o sinal transmitido pela câmara ou dispositivo.

O processo de formação do objeto virtual contempla as seguintes etapas:

1. Colocação da marca de referência em frente à câmara;
2. Captação da imagem e sua transmissão ao equipamento que a irá interpretar;
3. Envio, por parte da câmara, das imagens obtidas, em tempo real, para o software que gerará o objeto virtual;
4. O software retornará um determinado objeto virtual, dependendo da marca de referência que for mostrado à câmara, se estiver programado para o fazer;
5. O dispositivo de saída exibe o objeto virtual em sobreposição ao real, como se ambos fossem um só, se for programado para o desenhar. O facto das formas do objeto serem reconhecidas pelo software, faz com que os elementos reais sejam visionados pela câmara, acrescidos de informação, virtual em 3D, sobre os mesmos.

2.2 Tipos de sistemas de Realidade Aumentada

De acordo com Azuma, “os sistemas de realidade Aumentada podem ser classificados conforme o tipo de sistema de visualização utilizado, dando origem a quatro tipos de sistemas de Realidade Aumentada, que são os seguintes’[2]:

- Sistema de visão ótica direta;
- Sistema de visão direta por vídeo;
- Sistema de visão por vídeo baseado em monitor;
- Sistema de visão ótica por projeção.

2.2.1 Sistema de visão ótica direta

O sistema de visão ótica direta é formado por óculos e ou um capacete capacidade de receber a imagem do ambiente real complementada com a cena virtual gerada por computador devidamente ajustada na cena (Figura 3).

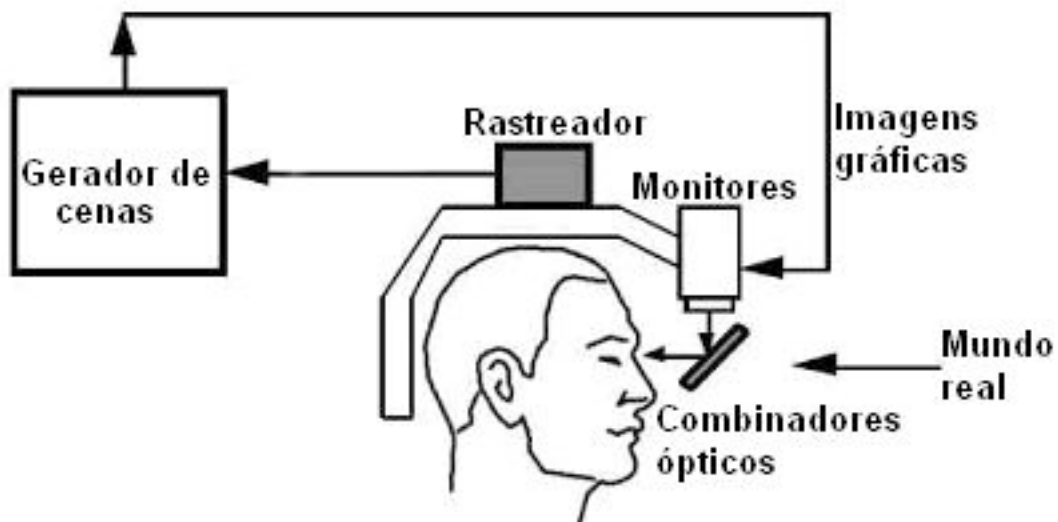


Figura 3 sistema de visão ótica direta (www18)

2.2.2 Sistema de visão direta por vídeo

No sistema de visão direta por vídeo, faz-se o uso de capacetes com câmaras de vídeo. Às imagens do ambiente real capturadas pelas câmaras serão adicionados elementos virtuais gerados por computador e a imagem formada é apresentada ao utilizador diretamente em seus olhos mediante pequenos monitores que também estão acoplados ao capacete (Figura 4).

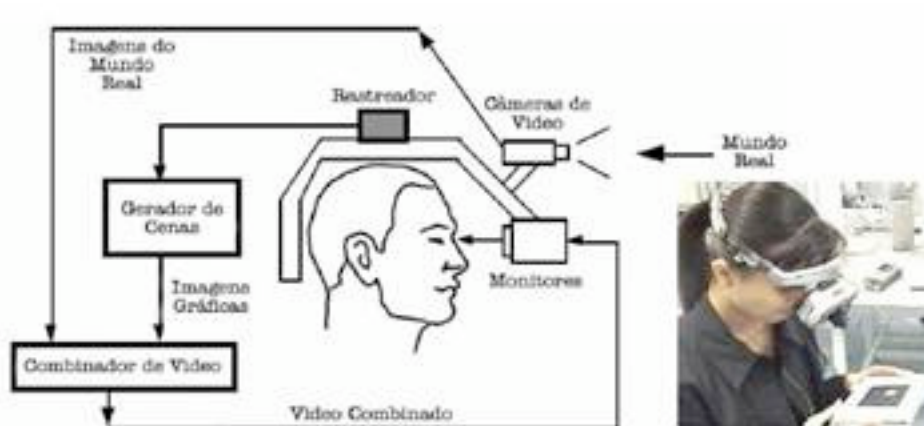


Figura 4 Sistema de visão direta por vídeo (www18)

2.2.3 Sistema de visão por vídeo baseado em monitor

Este sistema utiliza câmaras de vídeo para capturar imagens do mundo real, os objetos virtuais gerados por computador são adicionados a cena real e o resultado é apresentado no monitor(Figura 5).

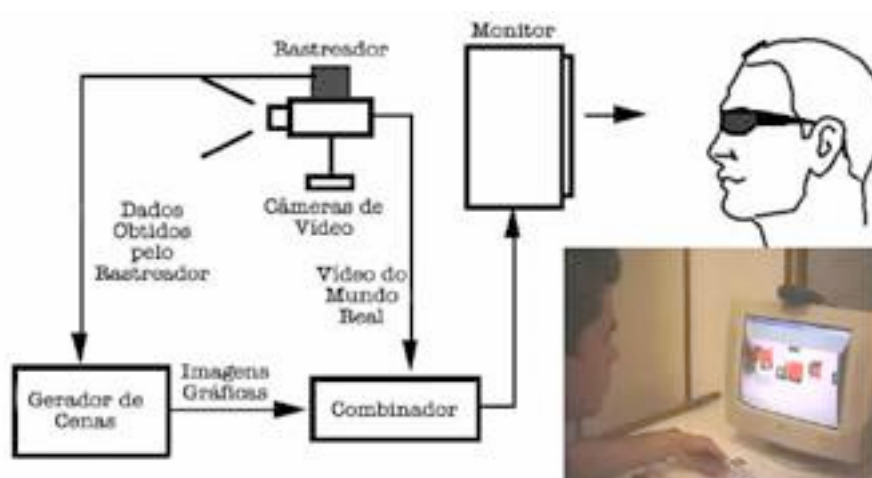


Figura 5 Sistema de visão por vídeo baseado em monitor (www18)

2.2.4 Sistema de visão ótica por projeção

O sistema de visão ótica por projeção, aproveita as superfícies reais do mundo, onde são projetadas imagens dos objetos virtuais, que serão mostrados ao utilizador, sem a necessidade de equipamento auxiliar (Figura 6).

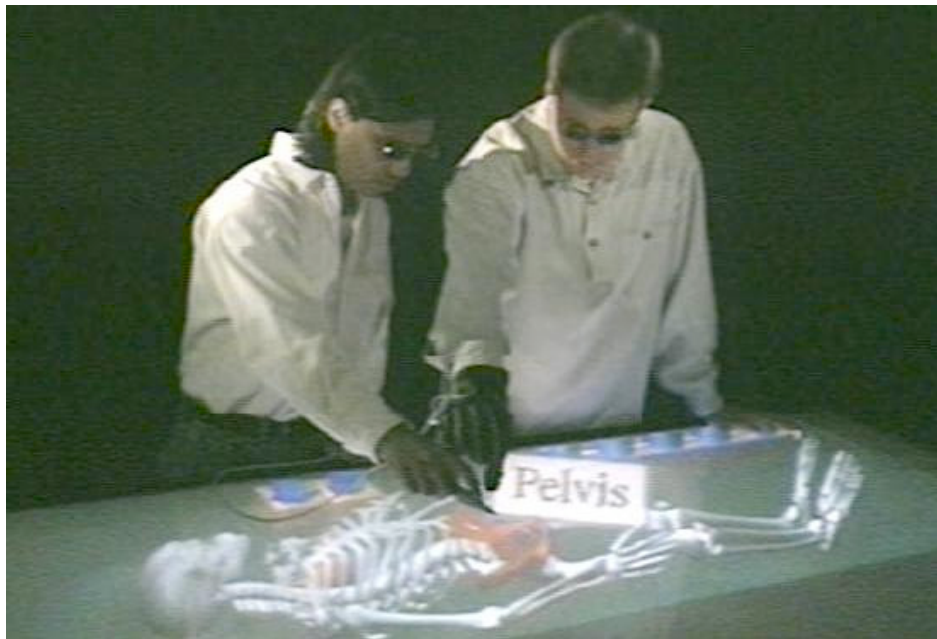


Figura 6 Sistema de visão ótica por projeção (LUZ, 2009)

2.3 Aplicações de Realidade Aumentada

A Realidade Aumentada tem sido usada para o desenvolvimento de aplicações nas mais diversas áreas tais como na educação, na medicina ou para entretenimento como jogos e também é utilizada para a visualização de informações pois a Realidade Aumentada permitem a criação de uma interface homem-máquina mais natural e poderosa, possibilitando ao utilizador uma interação, navegação e imersão num ambiente tridimensional sintético, gerado pelo computador através de canais multissensoriais.

De seguida apresentaremos alguns exemplos de aplicações de Realidade Aumentada e suas áreas de atuação.

2.3.1 Educação

A utilização de RA com fins educativos tem merecido destaque e tem sido avaliada de forma intensiva e positiva nos últimos anos.

Atualmente existem várias aplicações de RA para a educação desde livros interativos, quebra-cabeças educativos e desenvolvimento de vários cenários de aprendizagem, enfatizando principalmente a integração do lúdico com o formal, aplicações para o

ensino da geometria entre outros bem como aplicações para treinamento e simulações e manipulação de dados complexos, exemplificados nas figuras 8 e 9.

Um exemplo de uma aplicação de Realidade aumentada para a educação é o LIRA (Livro Interativo de Realidade Aumentada) – Livro com vários marcadores de referência que quando o utilizador manipular o livro utilizando uma *webcam*, o utilizador verá as ilustrações 3D animadas e sonorizadas sobre a imagem do livro que aparece no monitor (Figura 7).

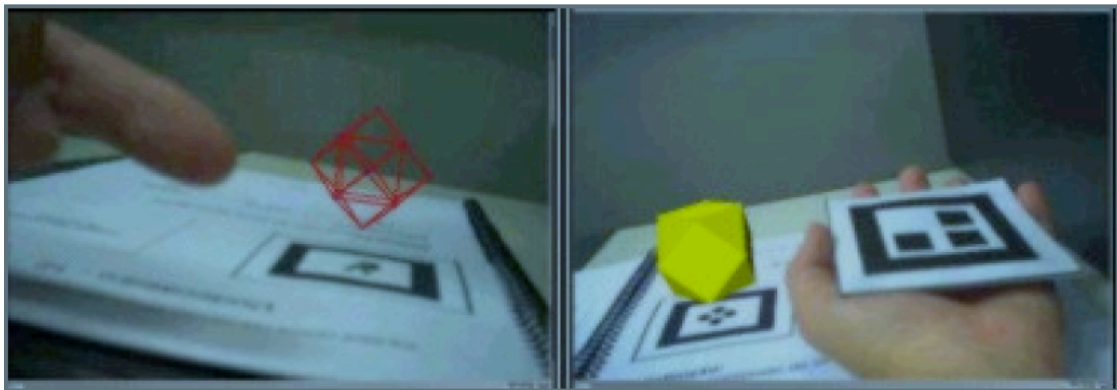


Figura 7 Exemplo LIRA (OLIVEIRA, 2005)



Figura 8 Studierstube (ICG, Áustria) (www1)



Figura 9 Construct3D Ensino da matemática e da geometria (RIBEIRO, COSTA, 2009)

2.3.2 Medicina

Na área da medicina também existem várias aplicações de Realidade Aumentada, como por exemplo, aplicações para a visualização de órgãos não visíveis, como um Raio X virtual (Figura 10), baseado em tomografia ou imagens oriundas de ultrassom em tempo real, ajuda em operações minimamente invasivas, condução de tarefas de elevada precisão bem como no treinamento do pessoal médico (Figura 11).

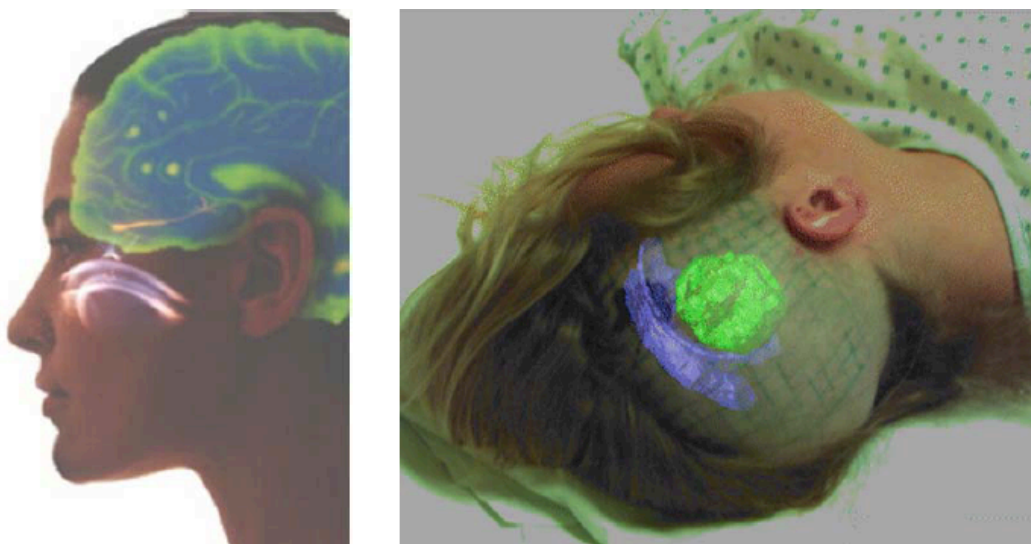


Figura 10 Sobreposição de imagens do interior do paciente (CT, MRI) a imagens exteriores (AI Lab, MIT)

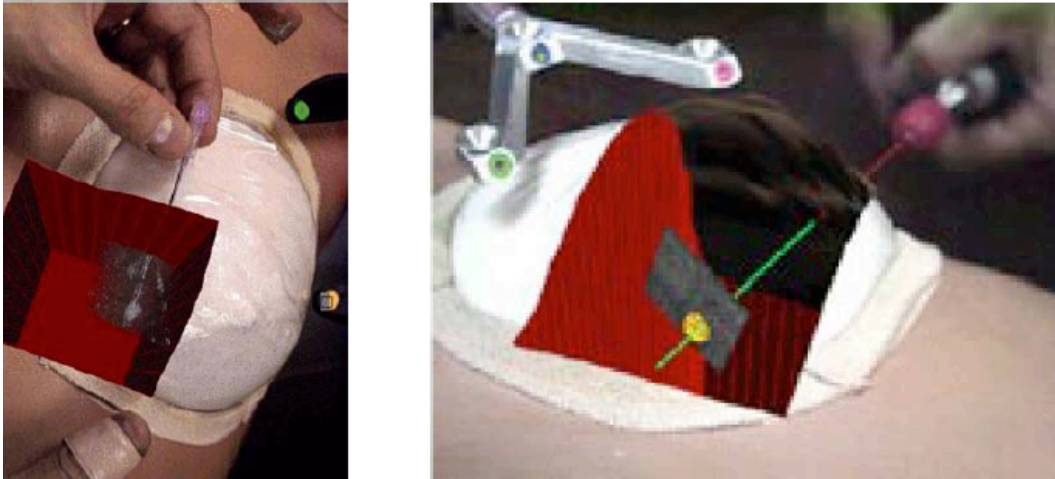


Figura 11 Biopsia com agulhas: condução da inserção da agulha (AZUMA,1997)

2.3.3 Anotação e Visualização

Esses tipos de aplicações de Realidade Aumentada servem para tornar as imagens mais fáceis de interpretar quando as condições de visão são desfavoráveis bem como fornecer informação sobre edifícios, monumentos, ruas, paisagens, etc. (Figura 12).

Existem também aplicações que fazem o acréscimo de conteúdo virtual a imagens de desporto como por exemplo anúncios, símbolos colocados "sobre o chão" de um recinto desportivo ou bandeiras nacionais nas pistas de natação. Ou ainda fornecer uma "visão de raios-X" do interior de uma parede, mostrar os nomes das peças de uma máquina.



Figura 12 Anotações em tempo real de informação sobre monumentos, ruas, e edifícios (www2)



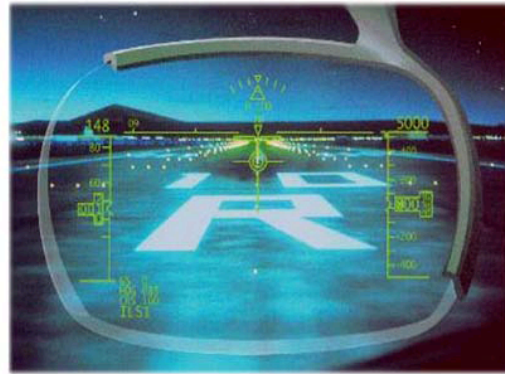
Figura 13 Introdução de linha virtual numa partida de Futebol Americano em tempo real(AZUMA,2001)

2.3.4 Aviação

As aplicações existente de RA para a aviação ajudam numa visão melhorada em situações de fraca visibilidade e marcadores virtuais de pista.



Boeing 737 cockpit with Head-up Display (HUD)
(Flight Dynamics Inc.)



Head Up Guidance System (HGS)
(Flight Dynamics Inc.)

Figura 14 Realidade Aumentada na aviação (www17)

2.3.5 Arquitetura e construção

A nível da arquitetura e construção existem aplicações para aumentar a visão geral dos modelos dos edifícios, projetar e pintar as cores e texturas das superfícies, simular a iluminação ou estações do ano, estrutura interna, canalizações, cablagem ou dispositivos de navegação aplicados a construções (manutenção de plantas industriais).

Aplicações de prospecção em hidrologia, ecologia ou geologia, mostrando informações específicas sobre o terreno ou mapas tridimensionais.

E aplicações de visitas virtuais que contemplam legendas ou textos referentes a objetos ou locais (e.g. ruínas ou paisagens reconstruídas) .

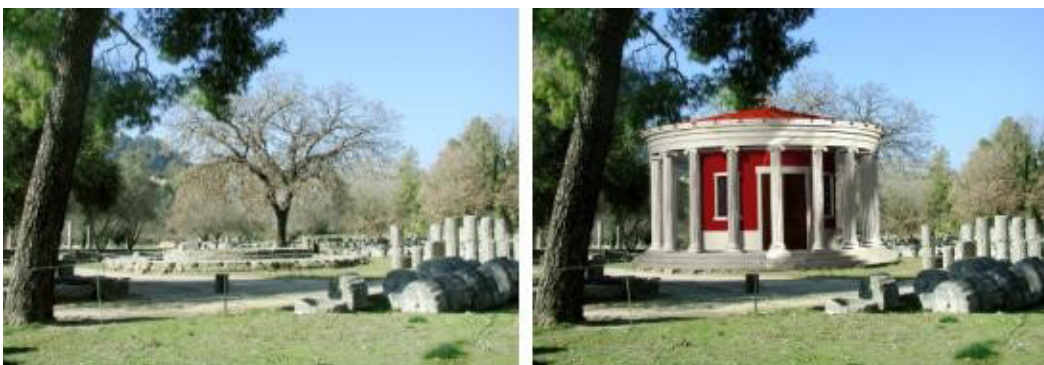


Figura 15 Reconstrução de templo de Philippion, em Olímpia, Grécia (ww3)

2.3.6 Entretenimento e Jogos

Está é uma das áreas que mais tem aproveitado com a Realidade Aumentada com um grande número de aplicações, desde jogos de *first shooter*, quebra-cabeças, cartões de baseball colecionáveis (Figura 16).

De acordo com Kirner, “Azuma em sua primeira importante *review* em 1997 sobre Realidade Aumentada, não mencionava jogos electrónicos. Citava entretenimento como uma das aplicações dessa tecnologia, mas referindo-se principalmente à produção de filmes para o cinema”[18].

Mas em 2002, “Azuma cita jogos electrónicos como sendo uma importante aplicação, com diversos exemplos, uma mudança causada principalmente pela diminuição do preço do *hardware* usado em aplicações de RA, tornando-as apropriadas para o entretenimento doméstico’[18]. Atualmente, até mesmo a indústria *mainstream* de jogos electrónicos investe em RA, como evidenciado pelo *EyeToy* ou *EyePet* para a PS3, (Figura 19) e o *Kinect* para a *Microsoft Xbox360* (Figura 18), ou até pelo exemplo do jogo da PSP *Invizimals*, (Figura 17).



Figura 16 Cartões de *Basebol* colecionáveis (www4)



Figura 17 Invizimals para a PSP (www5)



Figura 18 Exemplo de um jogo da Kinect da Microsoft Xbox 360 (www6)



Figura 19 Exemplo do Jogo EyePet do EyeToy da PS3 (www7)



Figura 20 Jogo ARQuake (www8)

2.4 Aplicações de Realidade Aumentada para Decoração

Existem hoje em dia várias aplicações de Realidade Aumentada para decoração de interiores ou para visualização de uma peça de mobiliário num espaço físico de forma a ajudar na compra desse determinado produto.

De seguida apresentar-se-ão quatro aplicações diferentes tendo em conta a plataforma utilizada, duas aplicações para dispositivos móveis: o SNAPSHOT e o PANASONIC VIERA AR Setup Simulator, uma aplicação para web: o My.IKEA e uma aplicação para desktop: o ARInterior.

2.4.1 SNAPSHOT

O Snapshot é um aplicação de Realidade Aumentada desenvolvida para o Iphone e o Ipod Touch que permite a visualização de mobiliário utilizando apenas a câmara do Iphone sem a necessidade de marcas.

O Snapshot permite navegar no catálogo de móveis com várias opções de mobiliário, utilizando os dedos no ecrã do Iphone é possível posicionar e girar o móvel para a localização desejada. Ele permite através do menu de opções percorrer vários modelos e ver em diferentes cores o modelo pretendido.

Permite tirar uma fotografia do mobiliário pretendido com o fundo real da casa, podendo enviar essa imagem por email para a sua caixa de correio ou para amigos, no email a ser enviado também irá o *link* da página do fabricante ou da loja do móvel para futuras pesquisas.

Clicando no botão do carrinho de compras é possível aceder ao *website* do vendedor para fazer a compra do mobiliário desejado.

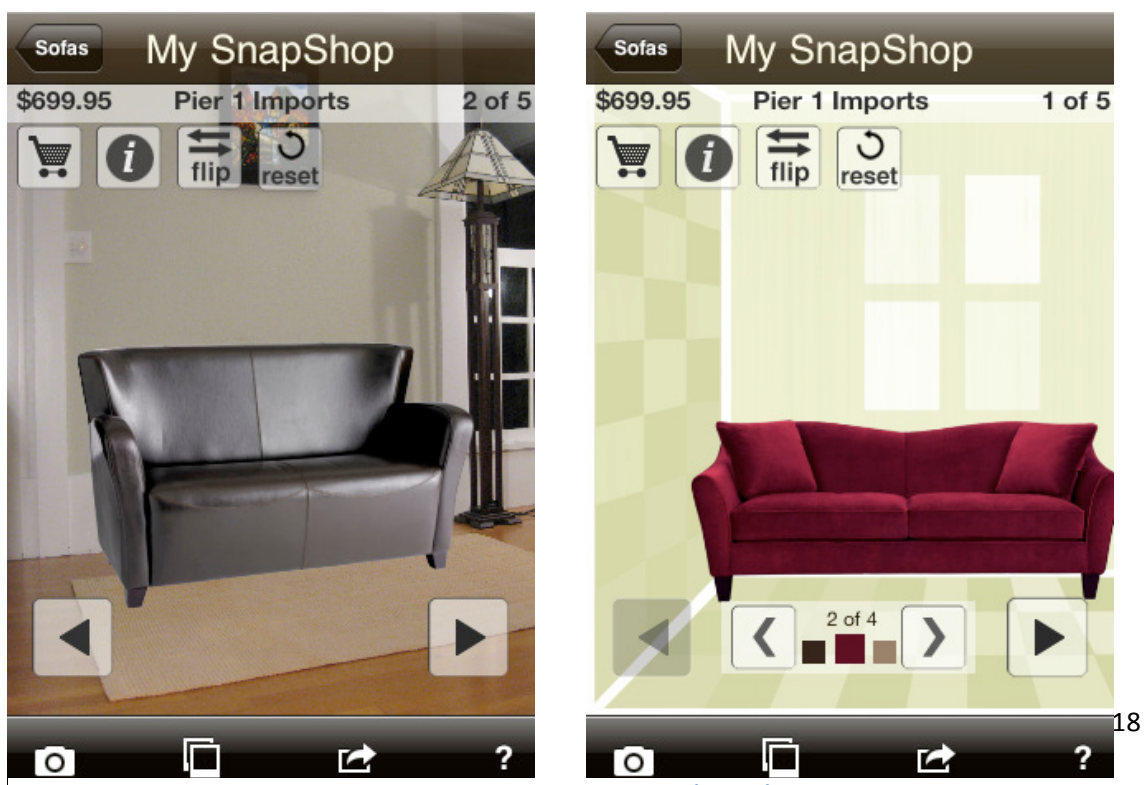


Figura 21 Screenshot do Snapshot (www.9)

Segundo a equipa que desenvolveu esta aplicação as suas características principais são:

- Permite procurar produtos de marcas favoritas dos clientes e a possibilidade de encontrar novas marcas. O catálogo inclui descrição do produto bem como as dimensões e preços;
- Pré-visualização de diferentes produtos, uso de gestos familiares para posicionar o mobiliário na imagem da câmara ao vivo ;
- Envio de E-mail com foto da mobília virtual para seus amigos;
- Permite aceder a página do retalhista para comprar ou obter mais informações de uma peça de mobiliário.

2.4.2 My.IKEA

A empresa de mobiliário IKEA é uma das empresas de mobiliário que tem investido muito na Realidade Aumentada.

Ela tem disponível atualmente várias aplicações de RA entre os quais a IKEA 2.0 que consiste num livro com vários marcadores de referência que demonstra como montar um determinado mobiliário da marca.

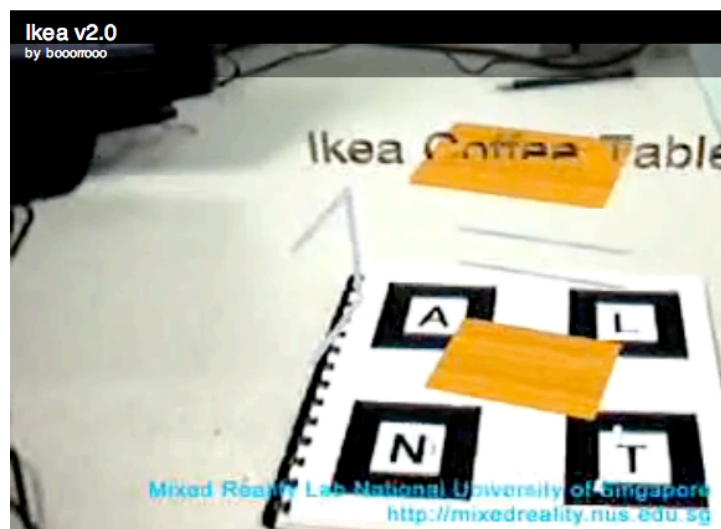


Figura 22 IKEA 2.0

O My.IKEA é um aplicação desenvolvida em *Flash*, onde é possível escolher no catálogo da IKEA uma das variadas peças de mobiliário disponível e imprimir a marca

correspondente a esse mobiliário, colocar a marca na sala e através da aplicação visualizar a peça virtual no ambiente real.



Figura 23 Interface do My.IKEA (www10)

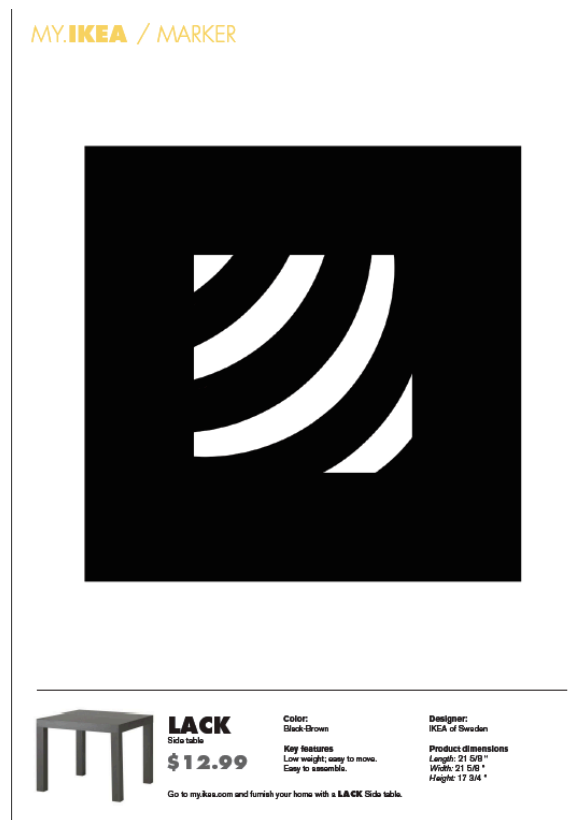


Figura 24 Exemplo marca com informação dos móveis do My.IKEA (www10)

2.4.3 PANASONIC VIERA AR Setup Simulator

O VIERA AR Setup Simulator é uma aplicação de Realidade Aumentada para Iphone desenvolvida pela Panasonic que permite a visualização da gama de televisão VIERA um ambiente real de forma a ajudar na compra desse produto.

Ele utiliza dois tipos de marcas, um *horizontal marker* que apresenta a TV VIERA com o pedestal ou a *vertical marker* para apresentar uma TV VIERA na parede.

A aplicação usa a câmara do Iphone que reconhece os marcadores de referência e apresenta um modelo da TV VIERA no ecrã.

Movendo o Iphone é possível visualizar a TV em vários ângulos, clicando um dos botões do menu da aplicação é possível seleccionar um dos modelos das diferentes séries e as informações da TV a ser escolhida. É também possível aumentar ou diminuir o tamanho da TV com também guardar a imagem simulada. Permite ainda partilhar a imagem pelo Facebook, Twitter ou enviar por email.

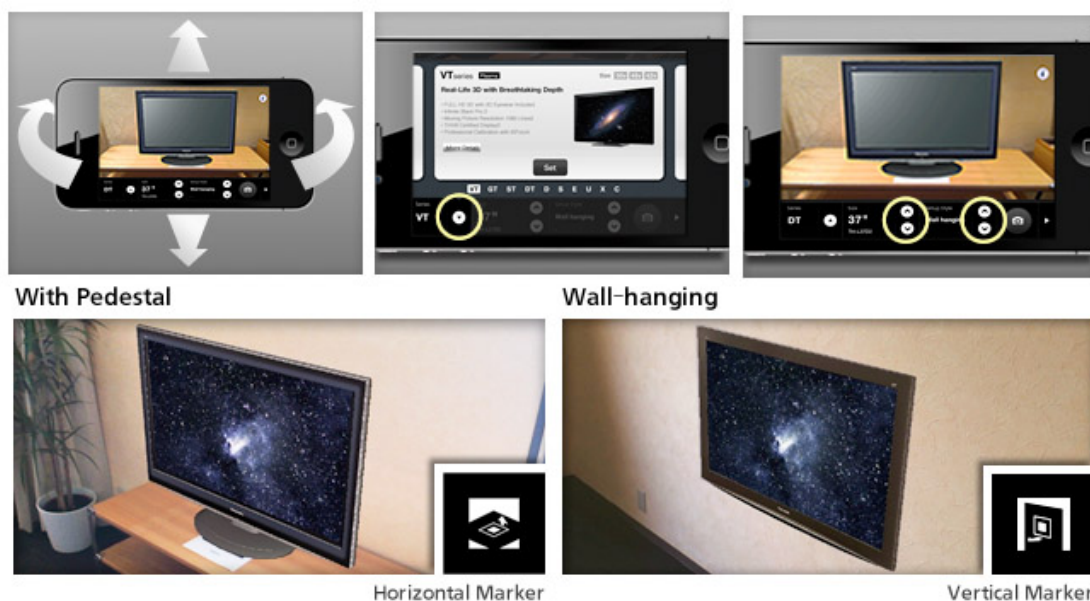


Figura 25 VIERA AR Setup Simulator (www11)

2.4.4 ARInterior

O ARInterior é um aplicação em Realidade Aumentada desenvolvida em C que utiliza a biblioteca ARToolkit para o reconhecimento da marca. Ao contrario das outras aplicações apresentadas, o ARInterior utiliza imagens estáticas de uma câmara digital em vez da câmara de filmar.

A aplicação tem uma interface bastante intuitiva que permite mover o objeto virtual, também permite remover a marca da cena de forma que a imagem seja o mais real possível. Permite também fazer o manuseamento da luz e da sombra de forma a dar também maior realismo à imagem, também permite a inserção de vários objetos virtuais na cena.

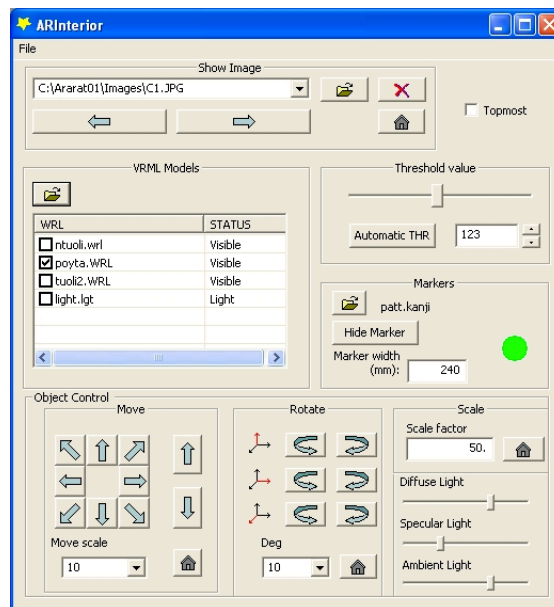


Figura 26 Interface do ARInterior (SILTANNE, 2006)



Figura 27 ARInterior (SILTANEN, 2006)

2.5 API's para desenvolvimento de aplicações de Realidade Aumentada

Atualmente, existem diversas ferramentas ou API's para o desenvolvimento de aplicações de Realidade Aumentada. De seguida apresentaremos algumas dessas ferramentas e um pequeno estudo comparativo entre elas de forma a fundamentar a escolha da API a ser utilizada para desenvolvimento da aplicação InteriorAR.

2.5.1 Artoolkit

“ARToolKit, desenvolvida em 1999, é uma biblioteca de software baseada nas linguagens C e C++, usada para o desenvolvimento de aplicações de Realidade Aumentada”[16, p1]. Este ambiente de desenvolvimento baseia-se no uso de marcadores (cartões com uma moldura retangular e com um símbolo marcado em seu interior) permitindo o uso de técnicas de visão computacional para calcular a posição da câmara real e sua orientação em relação aos marcadores, de forma a fazer com que o sistema possa sobrepor objetos virtuais sobre os marcadores.

ARToolKit é uma ferramenta de código aberto que possibilita alteração e ajustes para aplicações específicas.



Figura 28 Exemplo de um marcador ARToolkit (www12)

A biblioteca tem como principais funcionalidades:

- A identificação das marcas;
- Definição um sistema referencial cartesiano por marcador, dado em relação à posição de câmara;
- Identificação de pose, que define a localização geográfica da marca em relação a marca.

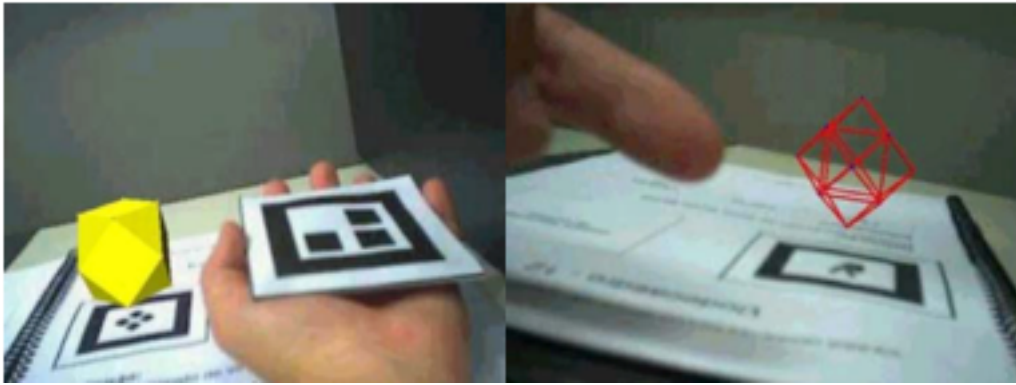


Figura 29 Exemplo do funcionamento do ARToolkit

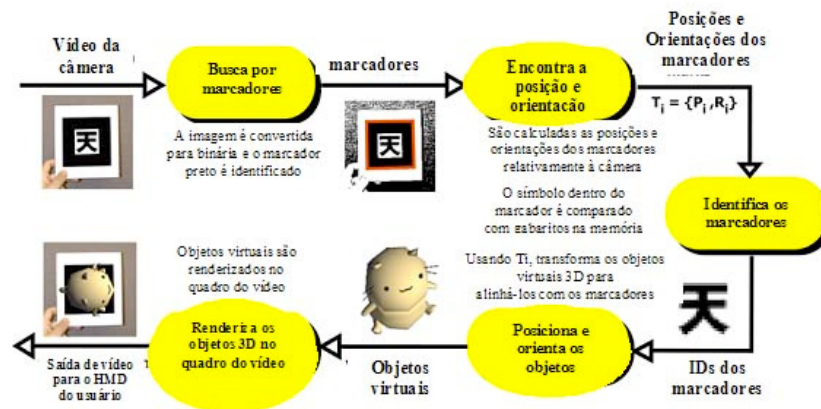


Figura 30 Funcionamento do Artoolkit (www13)

Além do ARToolkit há também o ARToolkitPlus baseado no ARToolkit. Esta ferramenta fornece algumas otimizações, com o objetivo de gerar aplicações eficientes para dispositivos móveis, tais como PDAs e *smartphones*. O ARToolkitPlus possibilita a utilização de até 512 marcadores diferentes pelo utilizador, facilitando a identificação dos marcadores e diminuindo a incidência de confusão de identificação dos marcadores. Destaca-se no ARToolkitPlus a utilização da técnica de limiar adaptativo, que permite o ajuste dos sistemas de detecção dos marcadores conforme a luz do ambiente sofre alterações.

2.5.2 ARTag

O ARTag tem como base o ARToolkit. Seu objetivo, de acordo com Fiala, (2005)” foi resolver alguns problemas encontrados nesta última ferramenta, principalmente no processo de detecção de marcadores”, tais como:

- O problema dos falsos positivos — quando o sistema acusa a presença de um marcador, mas ele não existe;
- O problema dos falsos negativos — quando o sistema não acusa a presença de um marcador, mas ele existe;
- E os erros de identificação — quando o marcador no ambiente é um e o sistema o identifica como sendo outro

ARToolkit e o ARTag utilizam padrões para identificação dos marcadores, enquanto que ARTag utiliza códigos digitais compostos de 0's e 1's, ao invés de imagens como o ARToolkit, diminuindo o processamento requerido para sua identificação.

O ARTag está disponível para Windows e Linux, sem código fonte.

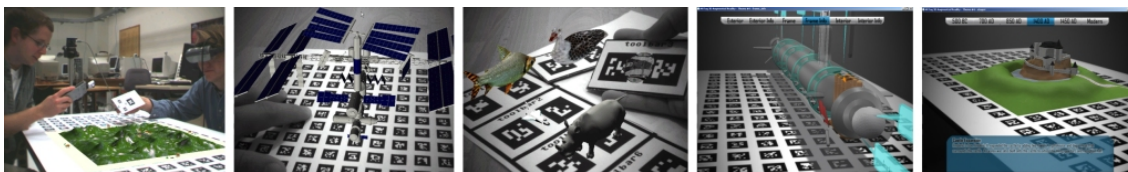


Figura 31 Exemplos de aplicações com ARTag

2.5.3 DART

Designers Augmented Reality Toolkit (DART) é um conjunto de ferramentas de software que apoia o desenvolvimento rápido e a implementação de experiências e aplicações em Realidade Aumentada. DART foi projetada para facilitar o completo design e o processo de desenvolvimento, desde o conceito inicial até a entrega final do produto.

“Ele foi desenvolvido como um conjunto de extensões do ambiente de programação multimídia *Adobe Director*. É composto por *behaviors* (extensões do *Director* escritas na linguagem LINGO) e *Xtras* (*plugins* para o *Director* escritos na linguagem C++). Esta ferramenta utiliza o ARToolkit para a captura de vídeo, seguimento e para o processo de reconhecimento de marcadores”[22].

2.5.4 NyARToolkit

NyARToolKit é uma API baseado no ARToolkit, que foi escrita exclusivamente em Java. Isto torna-o mais lento na execução do que o original, mas totalmente independente da arquitetura.

Tal como o ARToolkit, o NyARToolKit também utiliza o seguimento baseado em marcadores. O NyARToolKit é a escolha ideal para o desenvolvimento de um aplicação em Realidade Aumentada que possa correr em diferentes plataformas e sistemas operativos, www23.

Algumas das principais características do NyARToolKit:

- Um *framework* simples para a criação de aplicações de Realidade Aumentada.
- Seguimento baseado em marcadores.
- Suporte para plataformas móveis e de *desktop*.
- Reconhecimento de marcador otimizado e melhorado.
- Uma fácil calibração de rotina.
- Biblioteca gráfica simples.
- Rápida renderização baseada em *OpenGL*.
- Suporte *3D VRML*.
- API simples e modular (em Java).

2.5.5 osgART

A *osgART* é uma biblioteca multiplataforma, desenvolvida em C/C++, para a renderização, interação e desenvolvimento de aplicações em RA. A biblioteca da *osgART* integra o seguimento em ARToolkit com a biblioteca de gráficas avançadas 3D OpenSceneGraph (OSG). *osgART* acrescenta nós adicionais e funcionalidade para o grafo de cena OSG, tornando-o simples para desenvolvimento rápido de aplicações de alta qualidade gráfica em RA,.

osgART permite aos programadores obter os benefícios de todos os recursos do OpenSceneGraph (renderização de alta qualidade, carregadores de vários tipos de

arquivos) diretamente em suas aplicações de Realidade Aumentada. São suportadas técnicas de visualização avançada, incluindo os efeitos de renderização foto-realistas, como sombras, reflexões, oclusão, refração, bem como a renderização realista *non-photo*. OsgART também integra múltiplas tecnologias de seguimento, tanto o seguimento baseado em marcadores como o seguimento natural.

O osgART tem sido utilizado para desenvolver protótipos de aplicações interativas em realidade Aumentada e explorar conceitos interface tangíveis.

osgART Professional Edition é uma versão avançada do osgART com *plugins* para uma variedade de diferentes arquiteturas de controle, incluindo ARToolKit Professional e ARToolKit NFT, avançados *plugins* de entrada de vídeo e suporte para uma variedade muito maior de fontes de vídeo, como por exemplo técnicas de renderização avançada, e muito mais. *osgART Professional Edition* oferece licenciamento proprietário, compatível com a licença pública da OpenSceneGraph.

2.5.6 FLARToolKit

“FLARToolKit é uma biblioteca de software para a construção de aplicações de Realidade Aumentada em Flash criada a partir do ARToolKit, desenvolvida por em 2009, e que usa objetos desenvolvidos na linguagem AS3. O FLARToolKit permite a execução de aplicações de RA, sem que o utilizador tenha de instalar nenhum software específico em seu computador. É também uma das primeiras *API's* de Realidade Aumentada para a *Web*”, *WWW21*.

É uma versão em AS3 do ARToolkit. Como tal reconhece o marcador na imagem de entrada e faz os cálculos da orientação e a posição do mundo 3D baseado na posição do marcador. Não faz o desenho do mundo 3D mas é compatível com a maioria dos motores de desenvolvimento de ambientes 3D para *Flash* (*Papervision3D*, *Away3D*, *Sandy*, *Alternativa3D*).

2.5.7 HandyAR

“A HandyAR apresenta uma interface de utilizador baseada em visão que faz reconhecimento da mão estendida de um utilizador e utiliza-a como referência padrão em aplicações em Realidade Aumentada, fornecendo uma estimativa da posição da câmara 6-DOF a partir da configuração das pontas dos dedos. Tendo em conta a

posição da mão o modelo 3D é construído, medindo as posições dos dedos. Através de reconstrução *frame-by-frame* da posição da câmara em relação a mão, serão introduzidas anotações gráficas em 3D em cima da mão, permitindo que o utilizador possa inspecionar convenientemente esses objetos virtuais a partir de diferentes ângulos de visão”, WWW22.

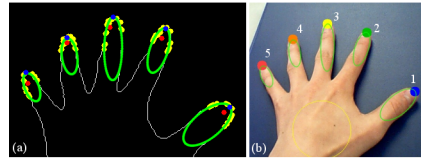


Figura 32 Funcionamento HandyAR (LEE, HÖLLERER, 2007)

“As pontas dos dedos são detetadas através de um algoritmo baseado na curvatura do contorno da mão de um utilizador. Os pontos de contorno com um valor de alta curvatura é procurado como ponta dos dedos. Em seguida, uma elipse é utilizada para localizar com precisão a ponta do dedo. Os cinco dedos são detetados e ordenados com base na posição do polegar, de forma que as pontas dos dedos possam ser usadas como pontos de correspondências para um algoritmo de estimação de posição”[20].

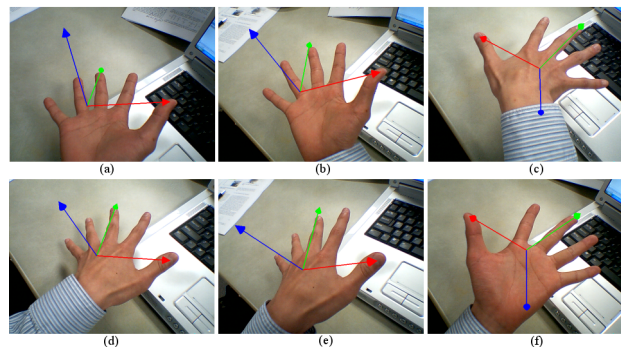


Figura 33 Detecção da ponta dos dedos com HandyAR [20]

O utilizador poderá ver o objeto criado em vários ângulos de visão diferentes, rodando ou movendo a mão de uma forma arbitrária.



Figura 34 Exemplo aplicação com HandyAR [20]

2.5.8 Estudo comparativo entre API's

Para a escolha da melhor ferramenta a ser utilizada para o desenvolvimento da aplicação fez-se um pequeno estudo comparativo entre as várias API apresentadas anteriormente. Como variáveis comparativas utilizámos o tipo de ferramenta, a documentação disponível, a facilidade na utilização da ferramenta no desenvolvimento de aplicações de Realidade Aumentada, bem como os recursos necessários para o bom funcionamento da aplicação tais com placa gráfica. Mas as variáveis a ter em conta na escolha serão o tipo de linguagem de programação bem como a plataforma de desenvolvimento.

A tabela 1 faz uma comparação entre as API que fazem o uso de marcadores e aquelas onde não é necessário o uso de marcadores de referência.

Uso de marcadores	Sem uso de marcadores
ARToolkit	HandyAR
DART	
NyARToolkit	
FLARToolKit	
osgART	
ARTag	

Tabela 1 Tabela comparativa da utilização ou não de Marcadores

	Tipo	Documentação	Fácil de usar	Recursos	Custos	Linguagem de programação
ARToolkit	API	++	++	++	++	C /C++
DART	GUI	++	+++	++	+	Não Oferece
ARTag	API	+	++	++	+	C++ /C#
NyARToolkit	API	++	+++	++	+	Java
FLARToolKit	API	+	+++	++	+	Flash AS3
osgART	API	+	++	+	+	C /C++
HandyAR	API	+	++	+	+	C /C++

Tabela 2 Tabela comparativa em diferentes bibliotecas de RA

Desktop	Móvel	Web
ARToolkit	NyARToolkit	FLARToolKit
DART	ARToolKitPlus	
ARTag		
NyARToolkit		
osgART		
HandyAR		

Tabela 3 Biblioteca de RA de acordo com plataformas de desenvolvimento

Windows	Linux	MacOSX
ARToolkit	ARToolkit	ARToolkit
DART	osgART	
ARTag	ARTag	ARTag
NyARToolkit		
osgART		
HandyAR		

Tabela 4 Bibliotecas de RA de acordo com o sistema operativo

De acordo com o pequeno estudo comparativo realizado, a API escolhida para a elaboração da aplicação a ser desenvolvida foi a ARToolKit pois ela é escolha ideal para o desenvolvimento de um aplicação em Realidade Aumentada que possa correr em diferentes plataformas e sistemas operativos. A linguagem de programação a ser utilizada para o desenvolvimento da aplicação InteriorAR é C. Também a nível de documentação disponível o Artoolkit tem uma boa base de documentos, é bastante fácil a sua utilização e o desenvolvimento de aplicações com esta biblioteca.

3. Desenvolvimento da Aplicação

Neste capítulo iremos demonstrar a criação da aplicação de Realidade Aumentada para a decoração de interiores o InteriorAR.

Para o desenvolvimento da aplicação será utilizada a biblioteca de RA Artoolkit, pois achamos ser a mais adequada e mais simples de ser implementada além de ter uma boa bibliografia e vários artigos que ajudaram no desenvolvimento da aplicação.

Tendo em conta que iremos desenvolver uma aplicação de Realidade Aumentada para correr em MacOSX o desenvolvimento da aplicação será realizado com o apoio do *XCode*.

Mas antes de falarmos sobre o desenvolvimento da aplicação em si vamos fazer uma pequena introdução ao funcionamento do ARToolKit.

3.1 Funcionamento do Artoolkit

A biblioteca Artoolkit dispõe um conjunto de funções que servem de base para o desenvolvimento de aplicações em Realidade Aumentada. Com a ajuda dessas funções teremos que seguir alguns passos para a criação da aplicação InteriorAR.

Esses passos de acordo com Kirner,[16, p5-6] são os seguintes:

- Iniciar a configuração do vídeo; ler o arquivo de cadastramento dos marcadores; ler os parâmetros da câmara.
- Capturar um quadro do vídeo.
- Detetar e identificar os marcadores.
- Calcular a transformação do marcador relativa à câmara.
- Desenhar o objeto virtual referente ao marcador.
- Encerrar a captura de vídeo.

Os passos 2 a 5 são repetidos continuamente até a aplicação ser finalizada, enquanto os passos 1 e 6 fazem respetivamente a inicialização e o término da aplicação.

Passos	Função
1. Inicia a aplicação	<i>Init</i>
2. Captura do quadro de vídeo.	<i>ArVideoGetImage</i>
3. Deteta os marcadores	<i>ArDetectMarker</i>
4. Calcula a matriz transformação	<i>ArGetTransMat</i>
5. Desenha o objeto virtual.	<i>Draw</i>
6. Fecha a captura de vídeo	<i>Cleanup</i>

Tabela 5 Passos e funções implementas nos dois exemplos do ARToolKit

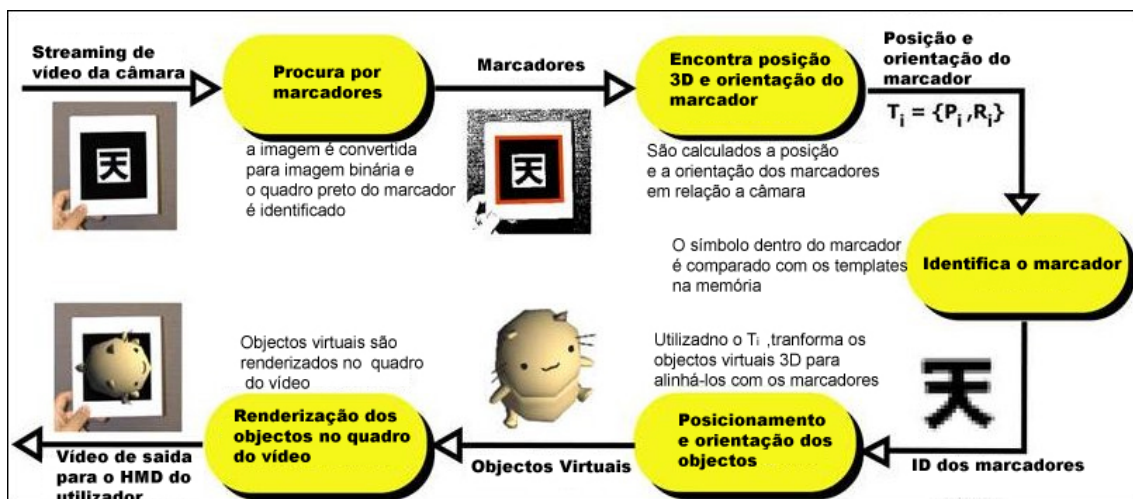


Figura 35 Diagrama descrevendo os passos de detecção dos marcadores e posicionamento dos objetos virtuais nos marcadores ((www13))

3.1.1 Detecção de marcadores

A biblioteca ARToolKit utiliza marcadores para poder fazer o seguimento e saber a posição desses marcadores de forma a posicionar e orientar objetos virtuais no ambiente real servindo de meio de interação entre o utilizador e o sistema de RA.

Os marcadores do ARToolkit são em forma de quadrado com símbolos diferentes no interior de forma a poder identificá-los.

O ARToolKit tem como base a utilização da visão computacional e utiliza a detecção de cantos e um rápido algoritmo de estimação de pose. A imagem do marcador tem de estar num fundo branco ou uma outra cor contrastante, pois o ARToolKit vai fazer a limiarização da imagem do vídeo, ou seja transformá-la numa imagem a branco e preto para depois extrair as bordas do quadrado tendo em conta o contraste entre o

marcador e o moldura branca. Depois o reconhecimento de padrões identifica os quatro vértices da regiões quadradas , depois irá comparar o interior da marca com os marcadores que foram registados e criados anteriormente. Se o marcador identificado for igual a algum marcador já registado a biblioteca calcula a orientação e posição.

Com a ajuda de bibliotecas específicas faz o desenho do objeto virtual.

As imagens 36 e 37 demonstram o princípio do algoritmo de detecção do Artoolkit.

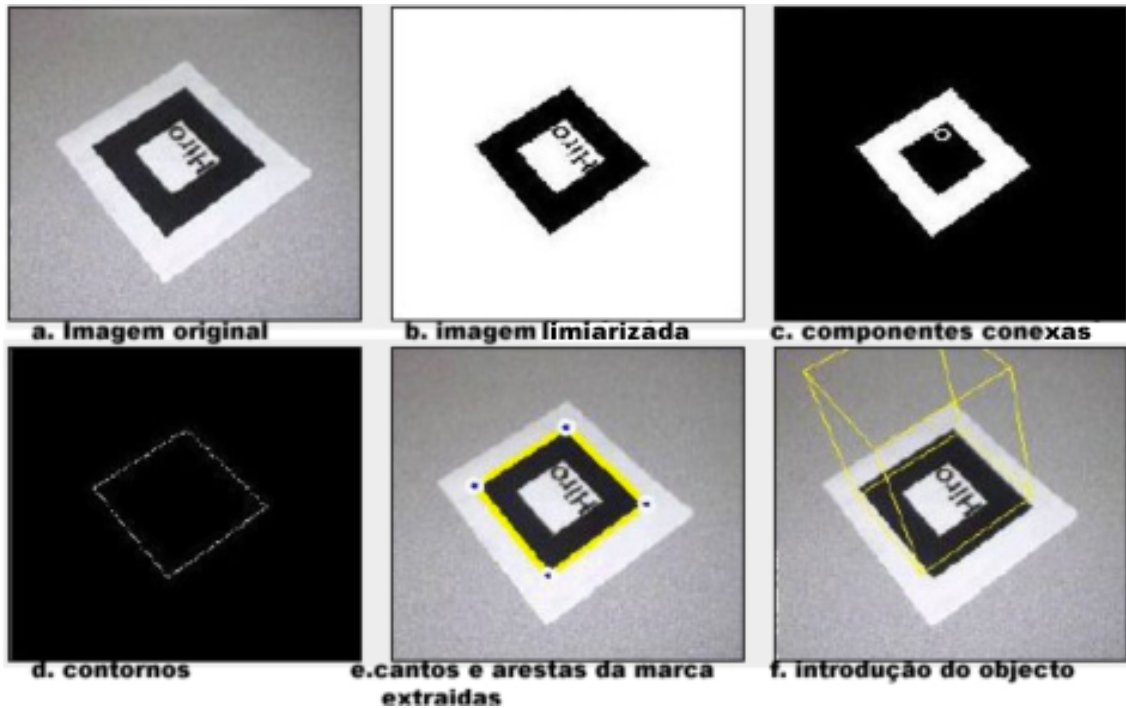


Figura 36 Princípio do algoritmo de detecção do ARToolKit (www14)

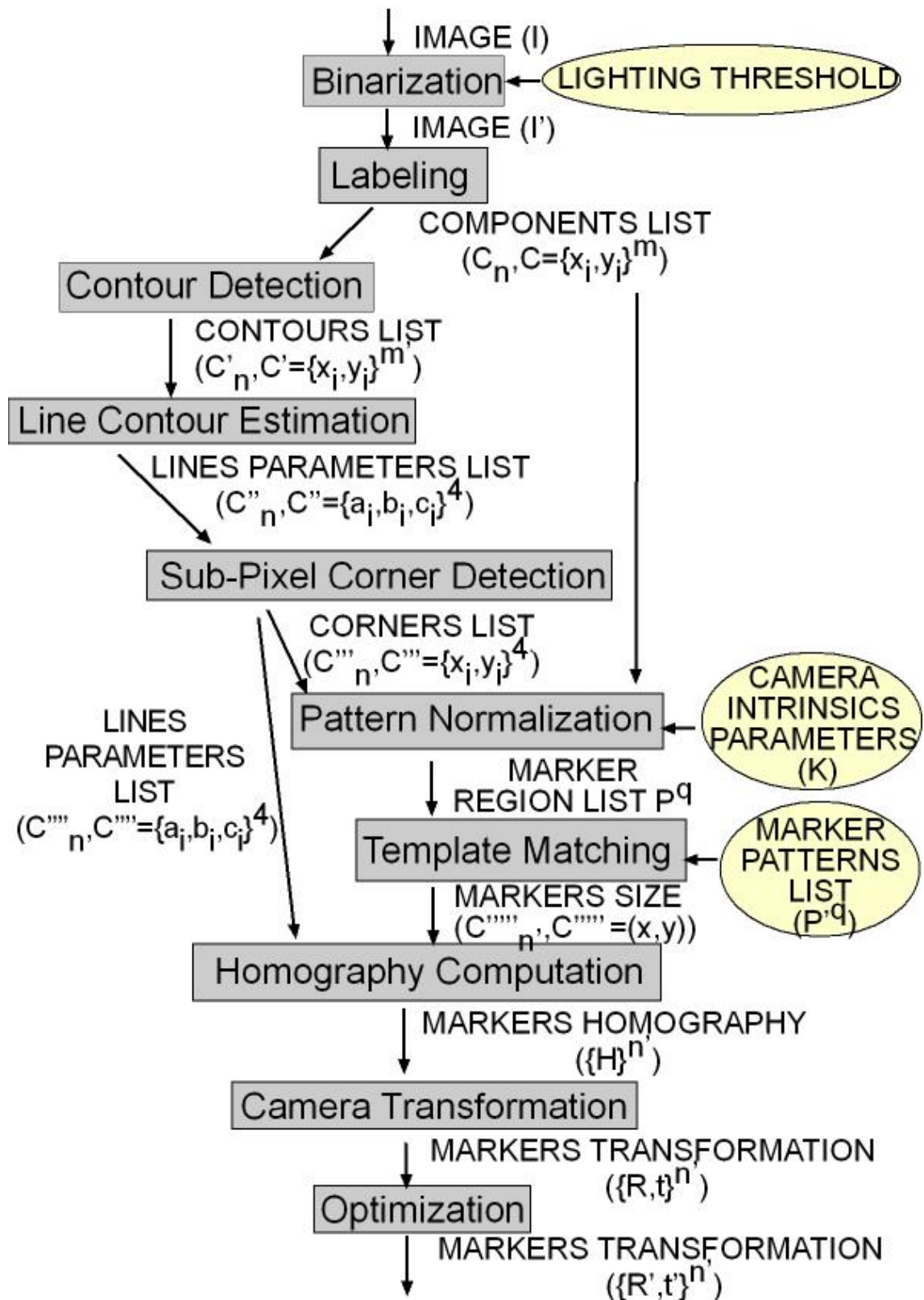


Figura 37 Funcionamento e funções de detecção do ARToolKit (www14)

3.1.2 Seguimento

O seguimento no ARToolKit é responsável pelo processamento da imagem e pela identificação de características dos marcadores, além de estimar sua posição e orientação. A obtenção da posição e orientação do marcador é realizada através da análise da imagem de vídeo, que estabelece o relacionamento entre as coordenadas do marcador e as coordenadas da câmara (Figura 38).

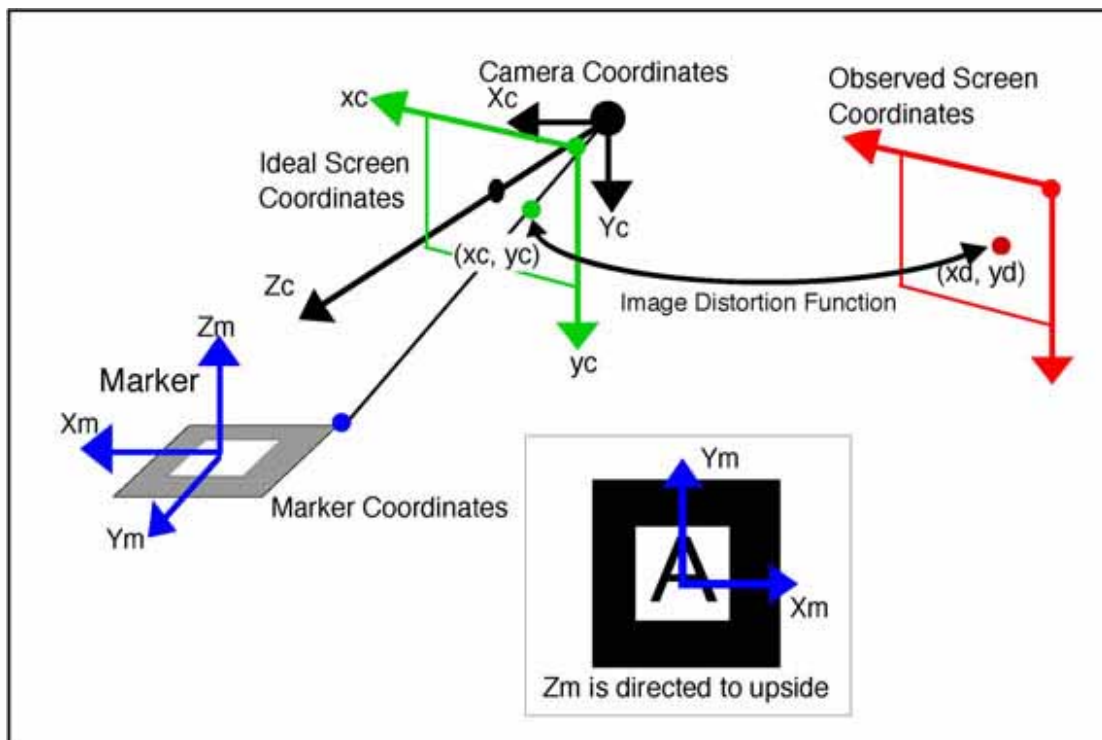


Figura 38 Relação entre os sistemas de coordenadas do marcador e da câmara (www15)

De acordo com Kirner (2010) “o relacionamento entre as coordenadas do marcador e as coordenadas da câmara é realizado por intermédio de uma matriz 3x4, denominada “matriz de transformação””.

De acordo com Kato (2002) “as funções “arGetTransMat” e “arGetTransMatCont” são as funções responsáveis pelo cálculo da matriz de transformação no ARToolKit. A função “arGetTransMat” é utilizada no momento em que o marcador é detetado, enquanto a “arGetTransMatCont” deverá ser chamada posteriormente, caso o marcador permaneça visível nos quadros de vídeos seguintes, o que possibilita o uso de informações obtidas anteriormente para agilizar o cálculo da matriz”.

3.2 Criação das marcas

Marcas são figuras em forma de quadrados que o ARToolKit reconhece e faz o reconhecimento numa sequência de vídeo. Eles são *padrões* físicos que podem ser criados ou imprimidos. O ARToolKit vem com ficheiros em PDF que contém algumas marcas pré-concebidas como por exemplo, a marca *Hiro*. As Marcas são entradas óticas para o ARToolKit.

As marcas têm algumas características próprias, de acordo a REF. [www16](#):

- Têm de ser quadrados.
- Têm de ter bordas contínuas (geralmente preta ou branca) e elas devem estar posicionadas sobre uma superfície com cores contrastantes (geralmente o oposto da cor das bordas).
- A espessura da borda tem de ser 25% do comprimento da extremidade de uma marca.
- A imagem no interior marca, não deverá ter uma simetria na rotação.

3.2.1 O que são ficheiros padrão?

Ficheiros padrão são ficheiros que contêm os dados (informação) que representa a imagem no centro da marca. Quando um programa em ARToolKit começa a correr ele geralmente carrega um ou mais ficheiros padrão para saber quais são as marcas a procurar na sequência de vídeo. Esses ficheiros padrão permitem ao ARToolKit distinguir os marcadores de referência de outros objetos quadrados que podem aparecer na cena e para distinguir entre diferentes marcas.

A pasta *bin/Data* é a pasta pré-definida para guardar os ficheiros padrão a serem utilizadas na aplicações de Realidade Aumentada desenvolvidas com o ARToolKit.

3.2.2 Criação de novos marcadores

Poder-se-á fazer a criação de um novo marcador, editando o modelo fornecido na distribuição do ARToolKit, no arquivo `patterns/blankPatt.gif` em branco.

É possível criar o marcador com qualquer tamanho ou até misturar marcadores de tamanhos diferentes, mas por omissão utiliza-se o seguinte modelo:

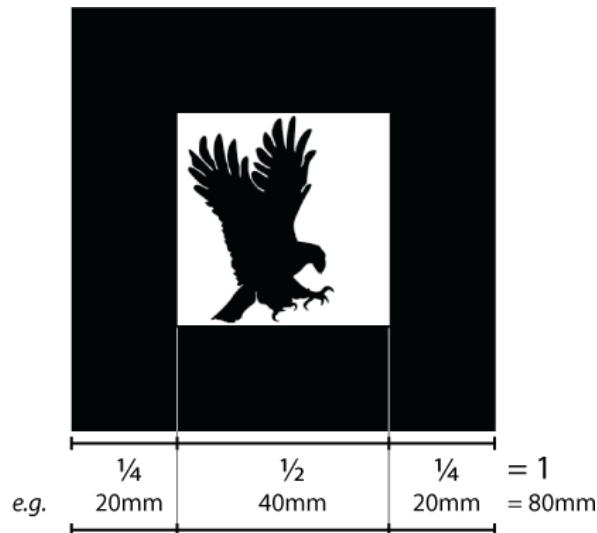


Figura 39 Modelo para criação de marcas (www16)

Aquando da utilização do marcador no ARToolKit, podemos dizer o tamanho do marcador, através de um arquivo de configuração.

Os 50% do interior do marcador é que serão interpretado como a imagem do marcador pela ARToolKit (Figura 39).

A parte da imagem que se encontra fora dos 50% internos na marca será ignorada pelo ARToolKit, contudo deve-se ter atenção de não estender muito na borda, ou então ARToolKit poderá não reconhecer o marcador quando este estiver num ângulo muito oblíquo em relação a câmara.

Os marcadores poderão ser a preto e branco ou coloridas

3.2.3 Criação dos ficheiros padrão dos meus marcadores

Numa primeira fase criou-se três marcadores de referência para a aplicação de Realidade Aumentada para decoração de interiores.

Inicialmente fez o uso de desenhos dos objetos virtuais como sendo o centro dos marcadores mas resolvemos mudar para letras simples pois havia o problema das marcas não serem bem reconhecidas pelo programa ao aumentar a distância entre as marcas e a câmara de vídeo por causa das curvas, então resolvemos mudar para letras iniciais dos objetos que iremos representar.

Fazendo uso do modelo fornecido na distribuição do Artoolkit o blankPatt.gif foi feita a edição da marca utilizando o Adobe Photoshop CS5, introduzimos a letra no centro da

marca e exportação dos ficheiros para JPEG.

Os três marcadores criados foram:

- Para o objeto Sofá o markerinteriorARS.jpg
- Para o objeto Mesa o markerinteriorARM.jpg
- Para o objeto Cadeira o markerinteriorARC.jpg

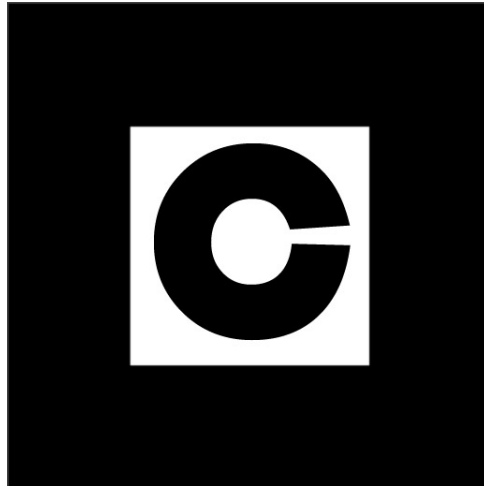


Figura 40 Marcador do objeto cadeira *markerinteriorARC*.



Figura 41 Marcador do objeto mesa *markerinteriorARM*.



Figura 42 Marcador do objeto sofá *markerinteriorARS*.

3.2.4 Criação dos ficheiros padrão dos meus marcadores

Criado os marcadores, fez-se a criação dos ficheiros padrão de forma que o ARToolkit possa saber quais os marcadores registados.

Para fazer a criação desse ficheiro utilizou-se o utilitário *mk_patt* disponível na distribuição do ARToolkit na pasta Bin, ou utilizar um outro programa para treinamento online baseado no *Adobe Flash* (www19).

Par treinamento dos marcadores utilizou-se utilitário *mk_patt* a partir do *terminal* do OSX.

A screenshot of a terminal window titled "Terminal — mk_patt — 80x24". The terminal shows the following text:

```
Last login: Thu Feb 16 13:17:34 on ttys000
ruben-veigas-macbook-pro-3:~ rubenveiga$ cd Desktop/ARToolkitcopy/bin
ruben-veigas-macbook-pro-3:bin rubenveiga$ ./mk_patt
Enter camera parameter filename(Data/camera_para.dat):
```

Figura 43 *Printscreen* do Terminal

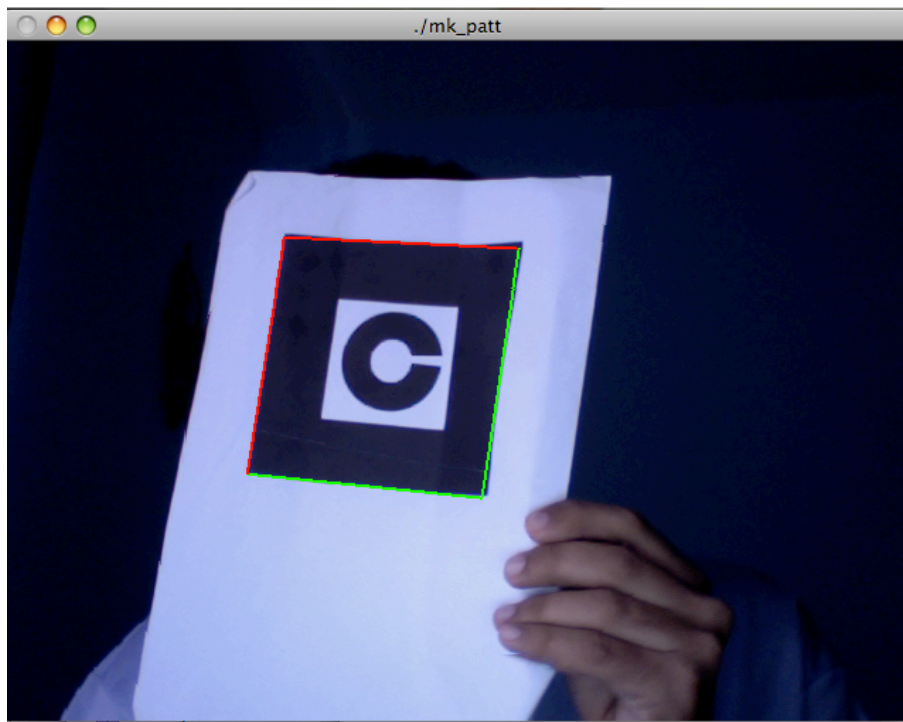


Figura 44 Criação de padrão com o mk_patt

Depois de imprimir o marcador, temos que direcionar a câmara para o marcador de forma a termos uma boa visão de forma mais alargada possível, assim que o sistema reconhecer colocará umas bordas a verde e vermelho, poderá ser preciso rodá-lo de forma que o limite vermelho esteja do lado esquerdo superior e depois é só clicar no ecrã com o botão esquerdo do rato para capturar o ecrã e poder dar o nome ao nosso padrão.

Os ficheiros Padrão criados para a aplicação foram os seguintes:

- Para a marca Sofá, markerinteriorARS.jpg o padrão *patt.interiorARS*.
- Para a marca cadeira, markerinteriorARC.jpg o padrão *patt.interiorARC*.
- Para a marca Mesa, markerinteriorARSM.jpg o padrão *patt.interiorARM*.

3.3 Criação de objetos virtuais 3D

Depois de criada as marcas que serão reconhecidas pelo Artoolkit fez-se a criação dos objetos virtuais que serão desenhados no ecrã depois do reconhecimento das marcas.

O Artoolkit possibilita a visualização de objetos em *OpenGL* e em VRML.

Utilizou-se o VRML para apresentação dos objetos virtuais na aplicação.

Como estaremos a utilizar 3 marcas de referência fez-se a criação de 3 objetos virtuais.

Inicialmente a aplicação que iríamos utilizar para fazer a modelação dos objeto era o *AutoDesk Maya* mas como a exportação do modelo para VRML estava com problemas, pois o ARToolKit não estava a reconhecer corretamente os objetos criados então utilizou-se o *AutoDesk 3D Max 2010* para a modelação dos objetos.

O processo para a criação de modelo em 3D é dividido geralmente em três partes:

- A modelação.
- A configuração da disposição da cena.
- Renderização ou geração da cena.

A modelação é a fase que é feita com auxílio de um programa gráfico 3D.

Criadas as personagens ou os modelos em 3D, modelos esses que descrevem a forma geral dos objetos, assim como os controlos que poderão ser usados para mover os objetos. Existindo diferentes técnicas para dar movimento a esses objeto com Modelos articulados, sistemas baseados em partículas ou objetos deformáveis.

A configuração da disposição da cena tem como principais fases o sombreado e o mapeamento de texturas ou seja vão-se descrever as características da superfície, incluindo texturas, acabamento e cores e serão aplicados a todos os nosso objetos na cena, esses *shaders* podem simular diferentes tipos de materiais como madeira, metal, tecidos entre outros.

Finalmente a renderização irá desenhar a imagem final, calculando cada pixel da imagem proveniente do modelo, animação, sombreado, e iluminação. É um processo que poderá levar mais tempo a ser realizado pois vai depender do tamanho da cena a ser renderizada, qual o método utilizado e a capacidade de processamento do computador utilizado para essa renderização.

Os métodos de renderização existentes são:

- Flat Shading*.
- Gourad*.

- Phong.
- Ray Tracing.
- Radiosity.

Para a marca *interiorARC* foi modelada uma cadeira de sala de estar.

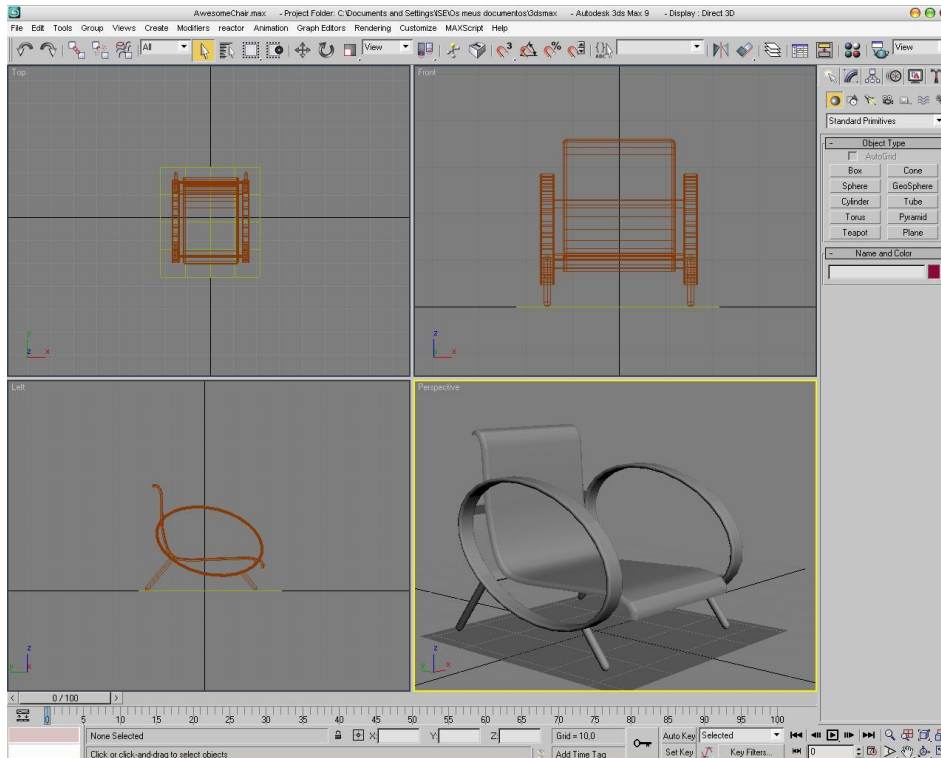


Figura 45 Mesh da cadeira awesomechair

Durante a criação do *mesh* do modelo tivemos que ter a atenção ao centro do modelo pois o centro deverá estar na posição 0 tanto para as coordenadas X, Y e Z pois isto poderá afetar a visualização do objeto na aplicação InteriorAR.

Depois da modelação do objeto associou-se texturas ao material de forma a dar uma aparência mais real ao objeto virtual.

Para a cadeira foram utilizadas duas texturas:

- Uma textura em pele para servir de base ao acento da cadeira ;
- E também uma textura prateada para a parte metálica da cadeira;

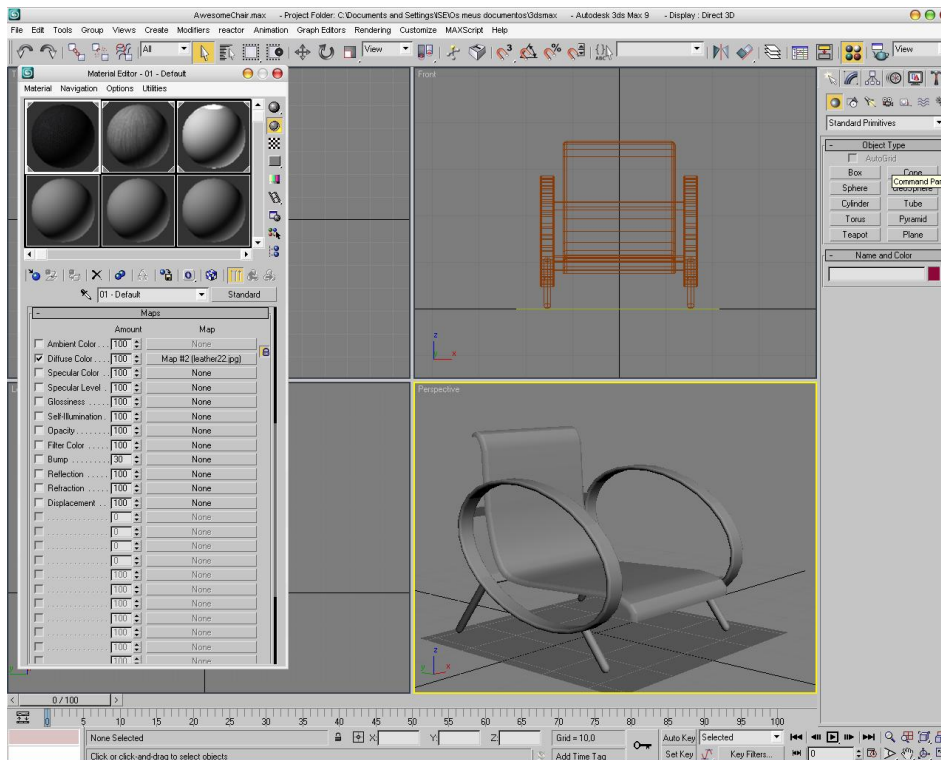


Figura 46 Inserção de textura no *mesh* do *Awesomechair*.

Uma das ideias iniciais do trabalho era fazer a simulação da iluminação e consequentemente a criação e manipulação de sombra, mas devido a dificuldade na implementação da iluminação em tempo real em VRML, resolvemos utilizar a técnica de *Baking shadows map* que consiste em utilizar a iluminação em tempo real, criar as sombras numa superfície e depois registar essa sombra na superfície como sendo uma textura. Esta técnica é bastante utilizada em 3D quando a sombra não se altera em relação ao tempo ou posição, de forma a poupar os cálculos a serem feitos para a iluminação.

Para a criação das sombras dos objetos virtuais criou-se um objeto plano debaixo do *mesh* da peça de mobiliário. De seguida fez-se a introdução de uma luz *Omni* por cima do *mesh* da peça a uma altura considerável de forma que a sombra projetada no plano ficasse por baixo da peça de mobiliário.

Depois utilizando a opção *Render to Texture* do *3ds Max* (Figura 47) criou-se as imagens das sombras utilizando apenas o *ShadowsMap* do plano que recebe as sombras do *mesh* da peça de mobiliário.

Depois a imagem gerada é utilizada como textura do plano, fazendo a simulação da sombra sem a necessidade da iluminação em tempo real e os cálculos de iluminação necessários.

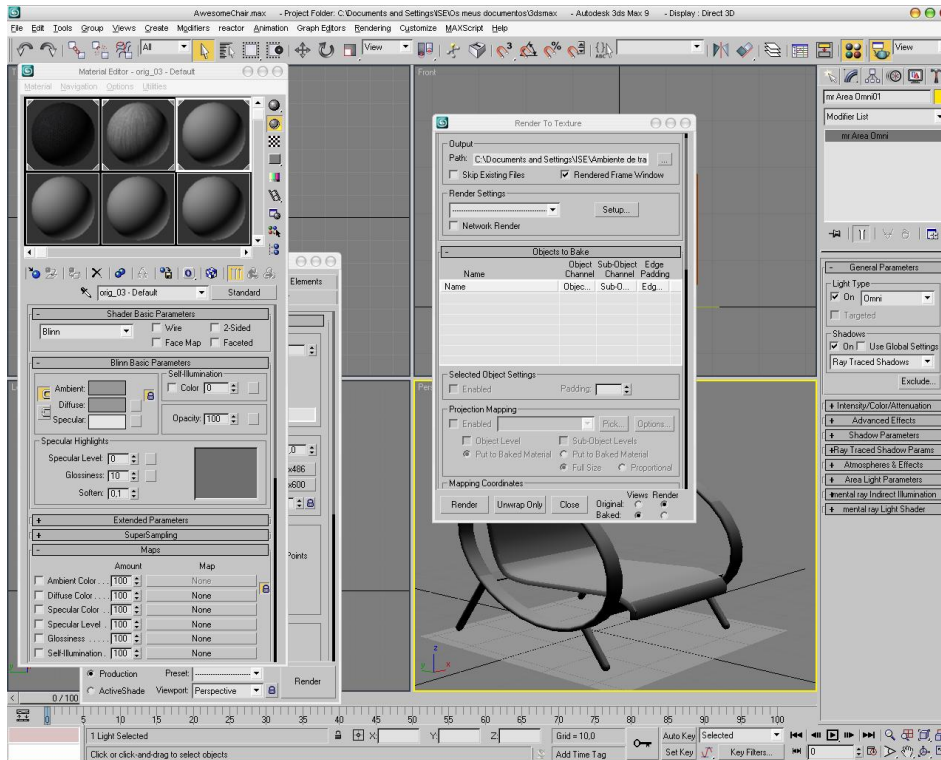


Figura 47 Criação da bake shadow para o awesomechair

Depois da criação do modelo, da inserção da textura e da criação das sombras do objeto foi feita a renderização do objeto.

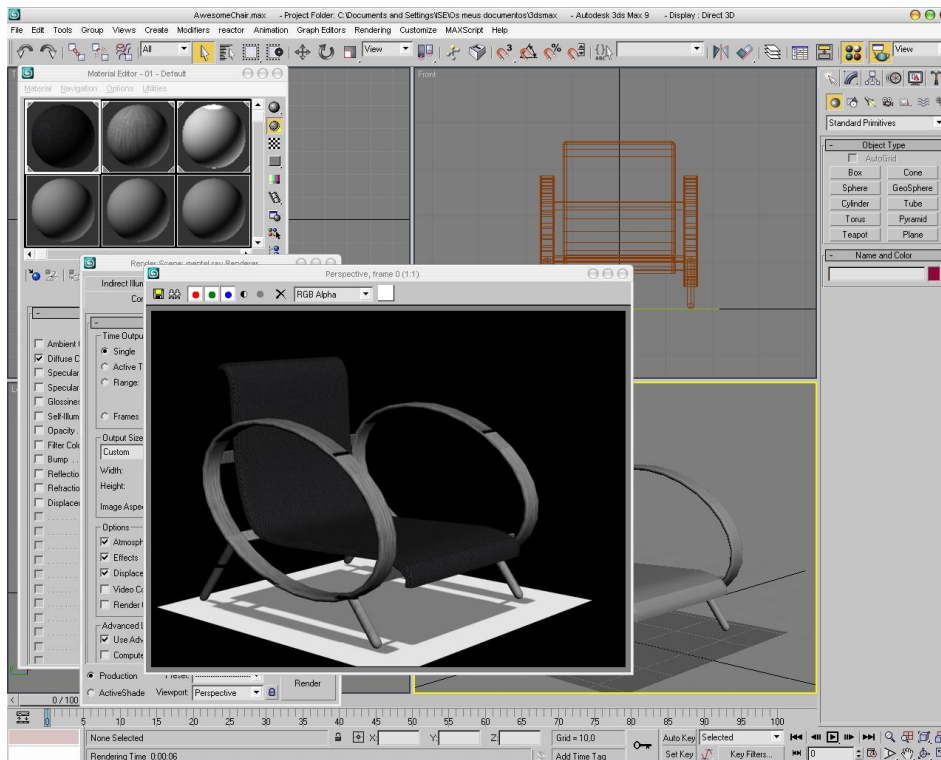


Figura 48 Render do modelo awesomechair

Depois da criação do objeto foi feita a exportação do modelo para VRML o que deu origem ao ficheiro WRL *awesomechair.wrl* .

O objeto deverá ser guardado na pasta WRL que é a pasta pré-definida utilizada pelo ARToolKit para guardar os ficheiros WRL e as texturas dos objetos serão guardados na pasta *texture* dentro da pasta WRL.

De seguida fizemos o mesmo processo para a criação do modelo de uma mesa para a marca InteriorARM.

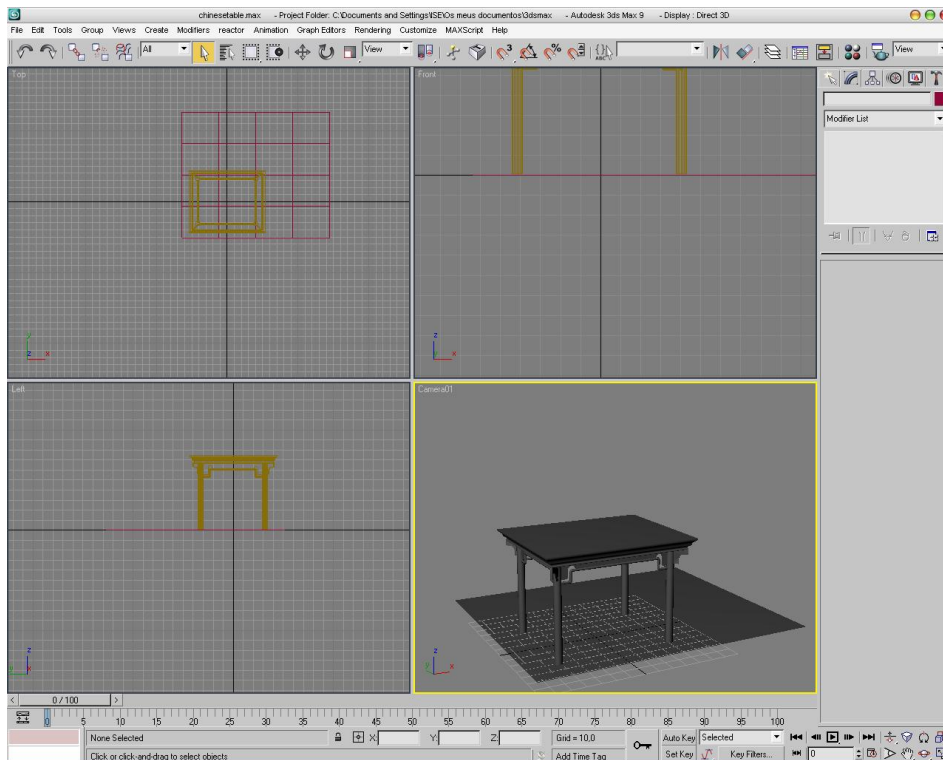


Figura 49 Mesh do modelo awesomechinesetable

Para este modelo apenas foi utilizada uma única textura de forma a simular a madeira.

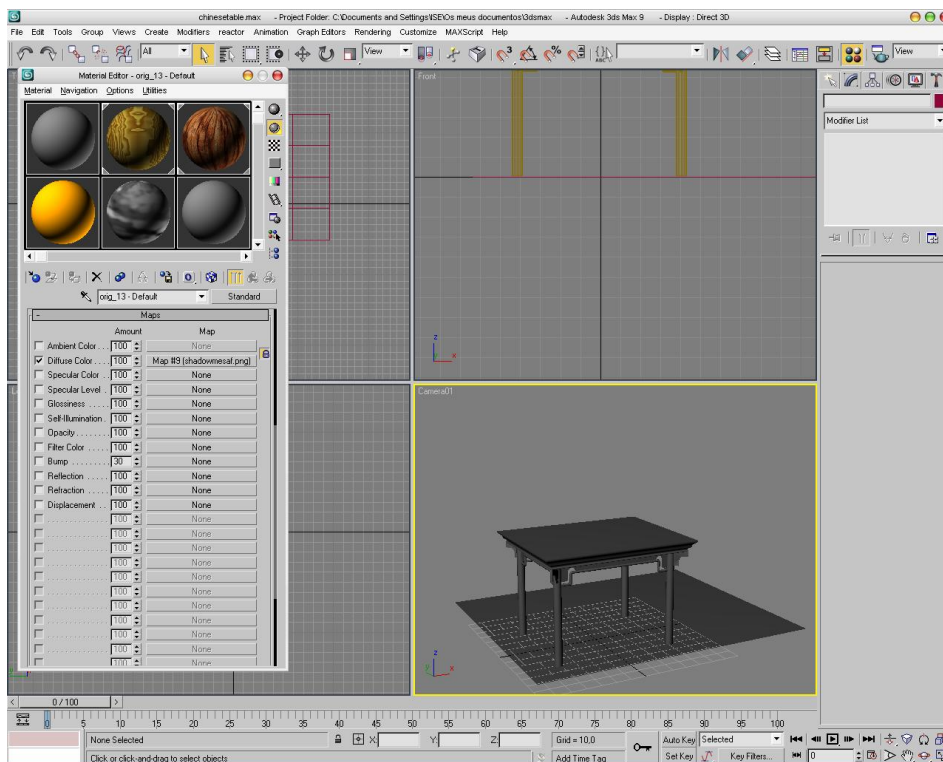


Figura 50 Inserção da textura madeira no modelo awesomechinesetable

Criamos depois o *bake shadow map* para simular a sombra.

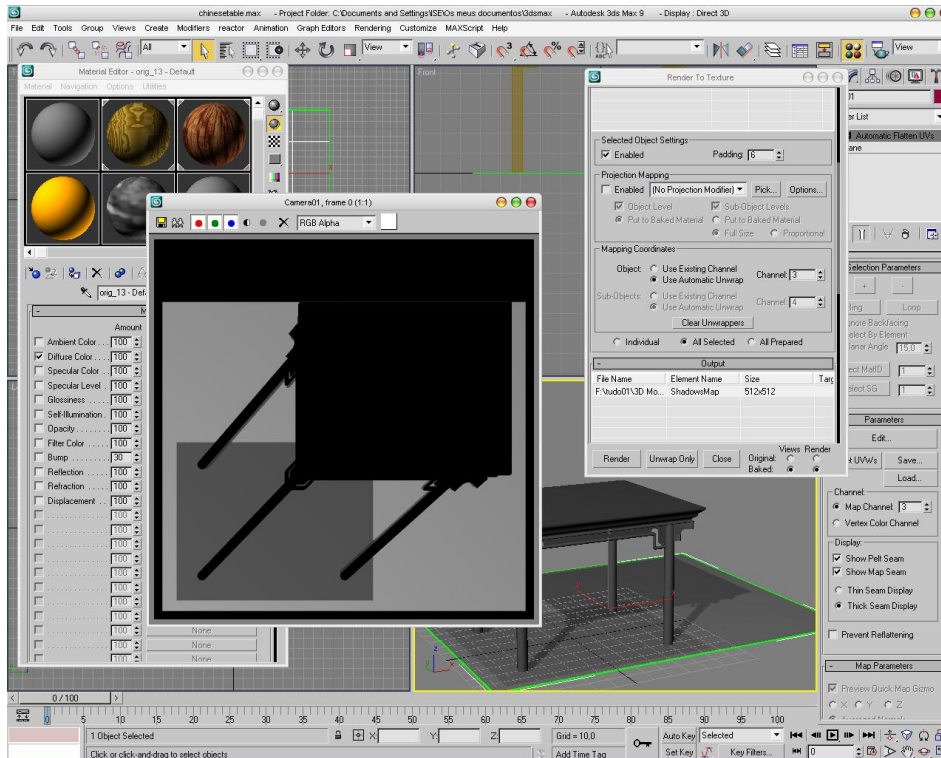


Figura 51 Criação do *bake shadow maps* para o modelo *awesomechinesetable*

De seguida foi realizada a renderização do modelo com texturas e sombra.

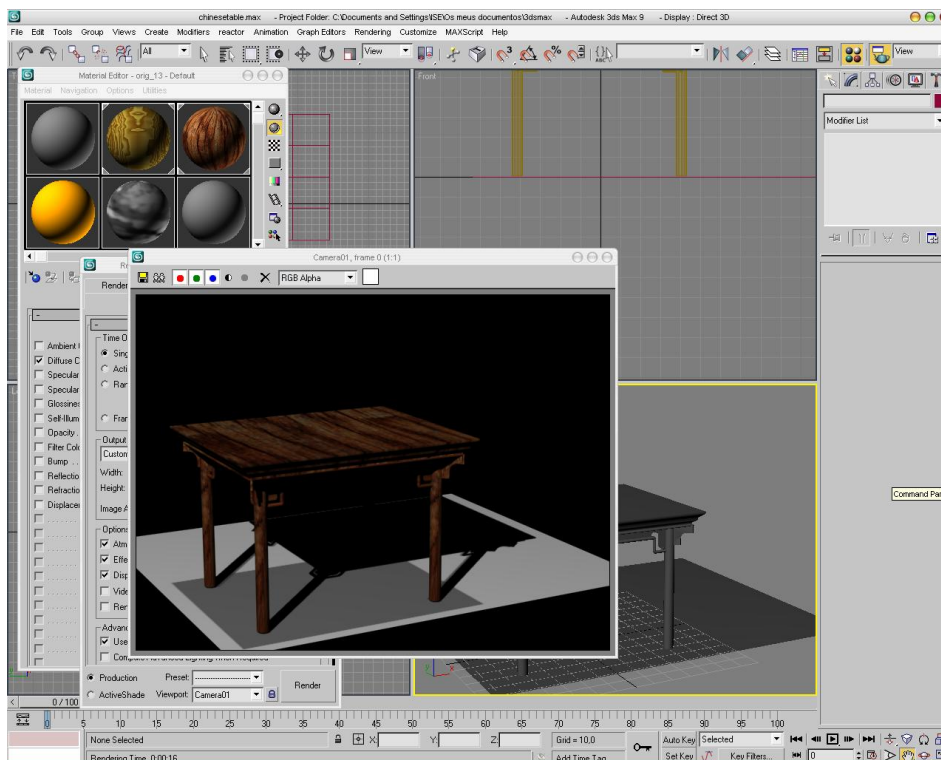


Figura 52 Renderização do modelo *awesomechinesetable*

Seguida da exportação do ficheiro para WRL como o nome *awesomechinesetable.wrl*.

Também foi criado um modelo virtual para a marca InteriorARS.

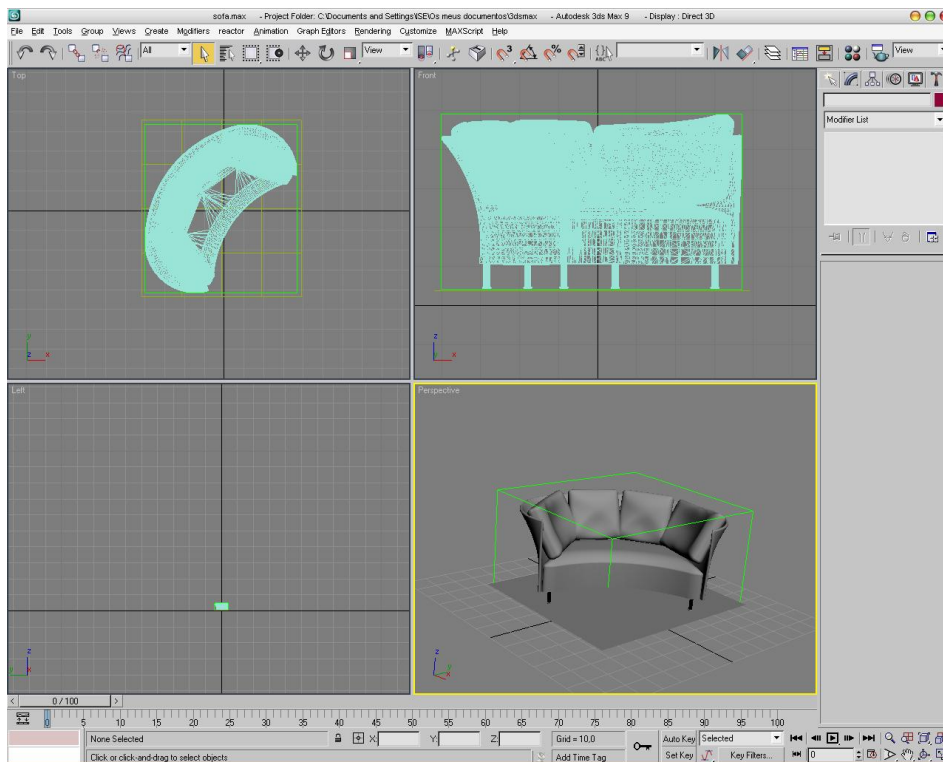


Figura 53 Mesh do modelo *awesomecouch*

Para a criação do mesh do sofá utilizamos também apenas uma textura para simular o tecido do sofá.

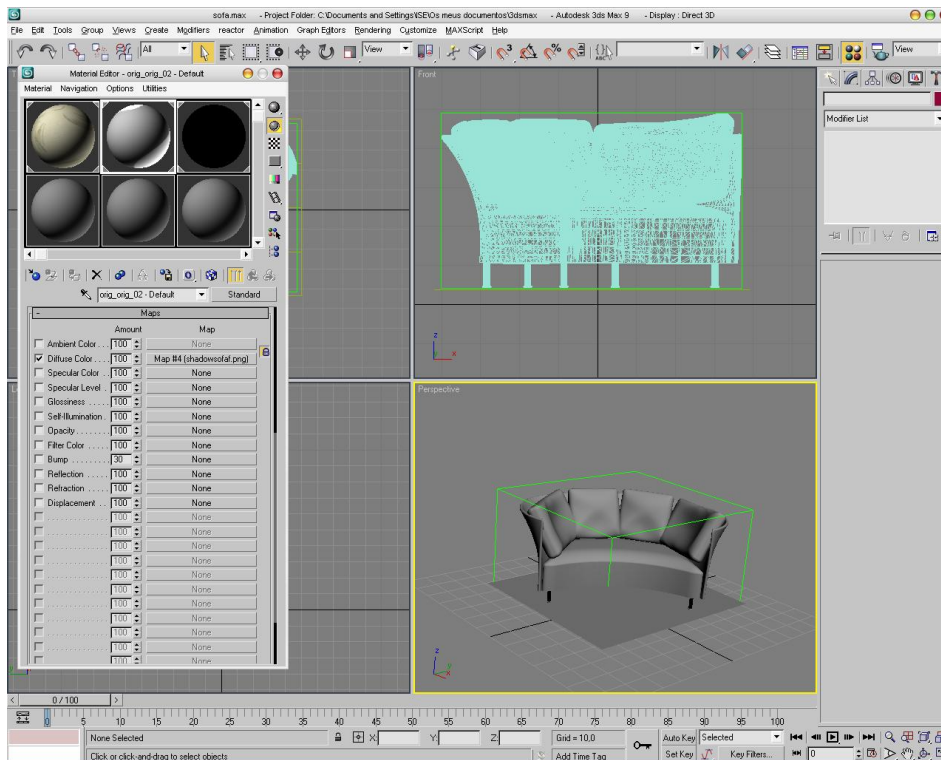


Figura 54 Inserção da textura de tecido no modelo *awesomecouch*

Depois também fizemos a simulação da sombra com a criação do *bake shadow map*.

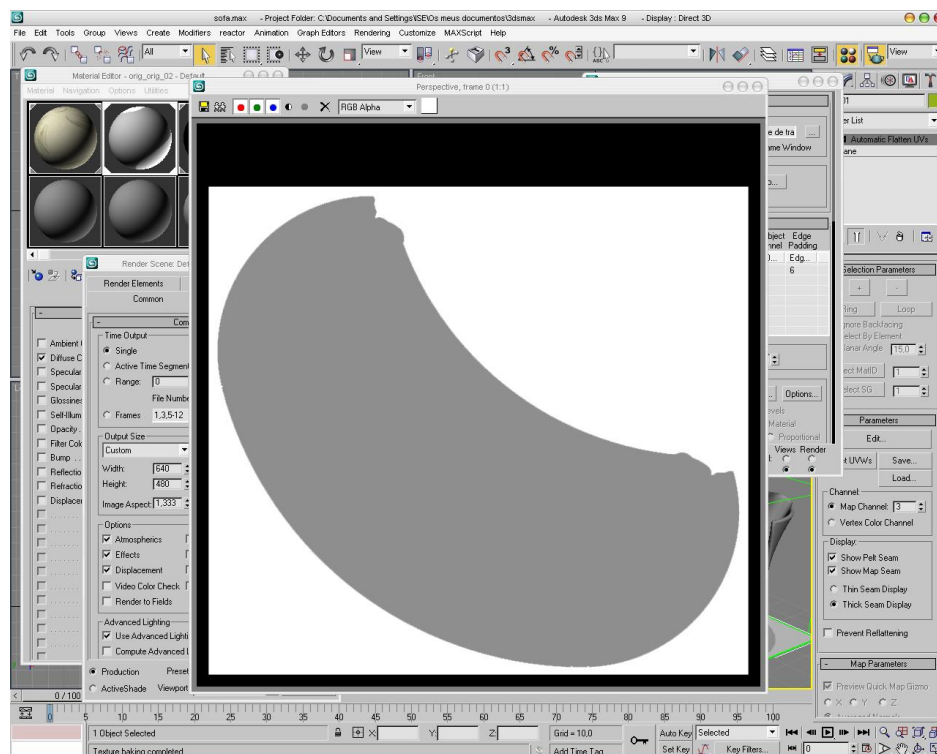


Figura 55 Criação do *bake shadow map* para o *awesomecouch*

3.4 Introdução de objetos virtuais na cena

Concluída a criação dos marcadores e dos objetos virtuais fez-se o registo desses novos marcadores de forma a serem reconhecidos pela aplicação InteriorAR. Passaremos a demonstrar o que foi feito para o reconhecimento dos marcadores pela aplicação e a inserção dos objetos virtuais na cena.

3.4.1 Reconhecimento das marcas de referência

O ARToolkit vai associar cada padrão a uma imagem, esse mapeamento entre os ficheiros padrão e as imagens é feito pelo arquivo ARToolkit\bin\data\object_data_vrml.dat para o simpleVRML o exemplo do ARToolkit que estamos a editar para o desenvolvimento da aplicação.

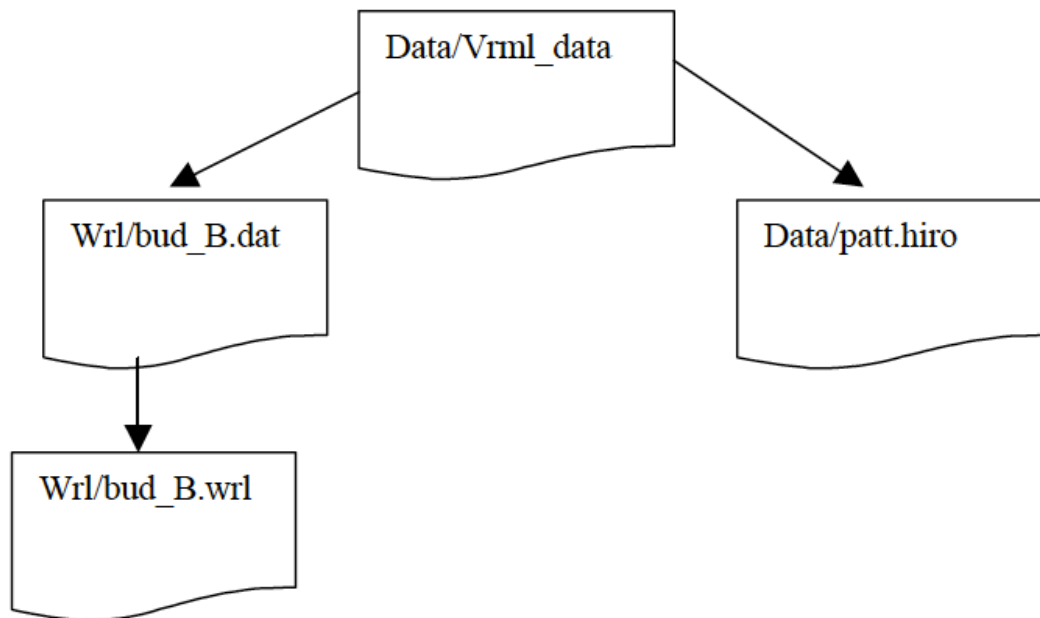


Figura 56 Visão geral do ficheiro *Data\object_vrml_data* (BERRE ET ALL)

O *object_data_vrml* tem a seguinte estrutura básica:

the number of patterns to be recognized

2 (número de marcadores que serão referenciados, neste caso, 2)

#pattern 1

VRML Wrl/objeto1.dat (arquivo referente ao marcador registado)

Data/pattern1 (padrão do marcador já registado)

80.0 (tamanho do marcador em mm)

0.0 0.0 (posição do centro do marcador)

#pattern 2

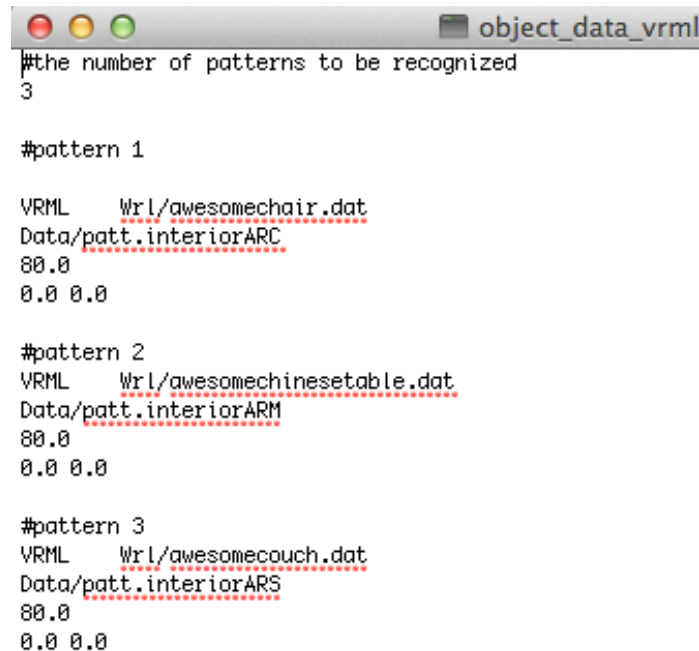
VRML Wrl/objeto2.dat (arquivo referente ao marcador registado)

Data/pattern2 (padrão do marcador já registado)

80.0 (tamanho do marcador em mm)

0.0 0.0 (posição do centro do marcador)

Alterou-se o ficheiro `object_vrml_data` do `simpleVRML` de forma a poder reconhecer os nossos marcadores registados e também os nossos objetos virtuais



```
#the number of patterns to be recognized
3

#pattern 1

VRML  Wrl/awesomechair.dat
Data/patt.interiorARC
80.0
0.0 0.0

#pattern 2
VRML  Wrl/awesomechinesetable.dat
Data/patt.interiorARM
80.0
0.0 0.0

#pattern 3
VRML  Wrl/awesomecouch.dat
Data/patt.interiorARS
80.0
0.0 0.0
```

Figura 57 Ficheiro `Object_vrml_data` da aplicação InteriorAR

3.4.2 Inserção e movimentação de objetos virtuais na cena

De forma a fazer a inserção dos objetos virtuais na cena ainda fez-se a criação dos ficheiros `.dat`, na pasta `Wrl` onde se encontram os objetos virtuais em VRML. Estes ficheiros devem ter o nome do objeto em VRML e os parâmetros de translação, rotação e escala dos objetos virtuais. Tendo a seguinte estrutura:

```
wrl/Nomedoobjeto.wrl # objeto virtual associado ao marcador
0.0 0.0 0.0          # Translação - x,y,z a partir do centro do padrão de seguimento
90.0 1.0 0.0        # Ângulo de rotação + eixo, eg. 90.0 1.0 0.0 0.0
1 1 1               # escala x,y,z,
```

```
awesomechair.dat
Last Saved: 7/10/12 4:42:39 PM
File Path: ~/Desktop/ARToolKitcopy/bin/Wrl/awesomechair.dat
awesomechair.dat
1 awesomechair.wrl
2 0.0 0.0 0.0 # Translation
3 90.0 1.0 0.0 0.0 # Rotation
4 5.0 5.0 5.0 # Scale
```

Figura 58 Ficheiro awesomechair.dat para objeto Cadeira

```
awesomechinesetable.dat
Last Saved: 7/4/12 9:12:01 PM
File Path: ~/Desktop/ARToolKitcopy/bin/Wrl/awesomechinesetable.dat
awesomechinesetable.dat
1 awesomechinesetable.wrl
2 0.0 0.0 0.0 # Translation
3 90.0 1.0 0.0 0.0 # Rotation
4 1.0 1.0 1.0 # Scale
```

Figura 59 Ficheiro awesomechinesetable.dat para objeto Mesa

```
awesomecouch.dat
Last Saved: 7/10/12 5:24:23 PM
File Path: ~/Desktop/ARToolKitcopy/bin/Wrl/awesomecouch.dat
awesomecouch.dat
2 0.0 0.0 0.0 # Translation
3 90.0 1.0 0.0 0.0 # Rotation
4 5.0 5.0 5.0 # Scale
```

Figura 60 Ficheiro awesomecouch.dat para objeto Sofá

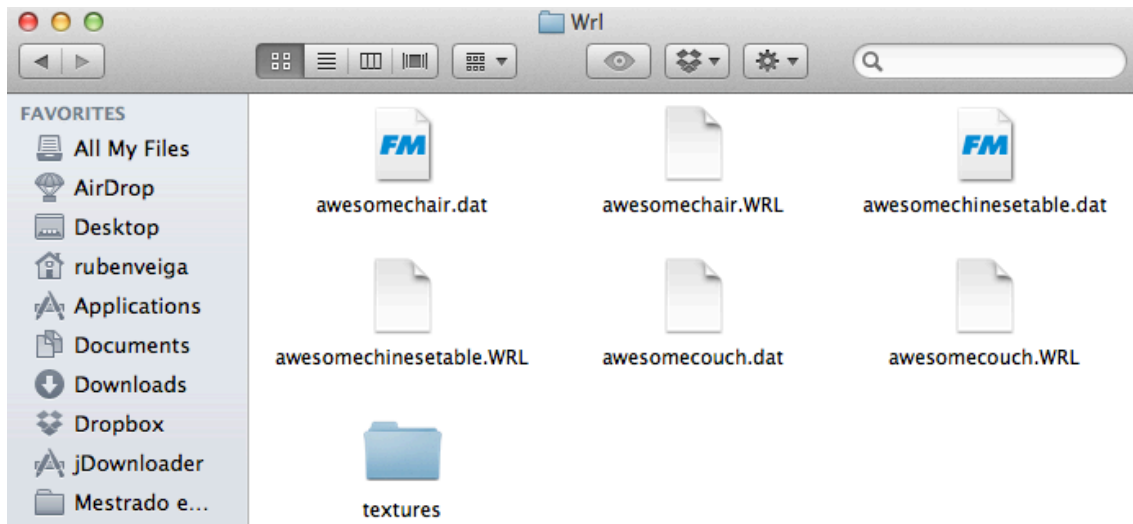


Figura 61 Pasta Wrl com os ficheiros virtuais em vrml e os respetivos ficheiros .dat

Criado o `object_vrml_data` a aplicação deverá saber a localização do ficheiro `object_vrml_data` para que possa saber quais os marcadores registados e compará-los com os marcadores que estão reconhecidos através da sequência de imagens capturadas pelo vídeo para poder inserir o objeto virtual.

```

428 //
429 #ifdef _WIN32
430 char *vconf = "Data\\WDM_camera_flipV.xml";
431 #else
432 char *vconf = "";
433 #endif
434 char objectDataFilename[] = "Data/object_data_vrml";
435
436 // -----
437 // Library inits.
438 //

```

Figura 62 Utilização do ficheiro `object_vrml_data` na aplicação InteriorAR

3.5 Interface do InteriorAR

A interface da aplicação InteriorAR é bastante simples, consiste apenas numa janela com o vídeo em tempo real onde será possível a inserção dos marcadores de forma a fazer a decoração do espaço e ver como ficaria a sala com os as peças de mobiliário.

Será possível utilizar os seguintes teclas:

- M para abrir o ficheiro PDF com os marcadores que poderá ser utilizado para impressão dos mesmos.
- H abrirá um outro ficheiro PDF com informações de como utilizar a aplicação e ajuda.



Figura 63 Interface InteriorAR

Também será possível depois de ser feita a decoração do espaço guardar as modificações feitas utilizando a barra de menu *File-> Save as* ou no teclado *Shift + command + S* escolher a localização de onde se pretende guardar o ficheiro e o nome, a imagem será guardada com a extensão *TIFF*.

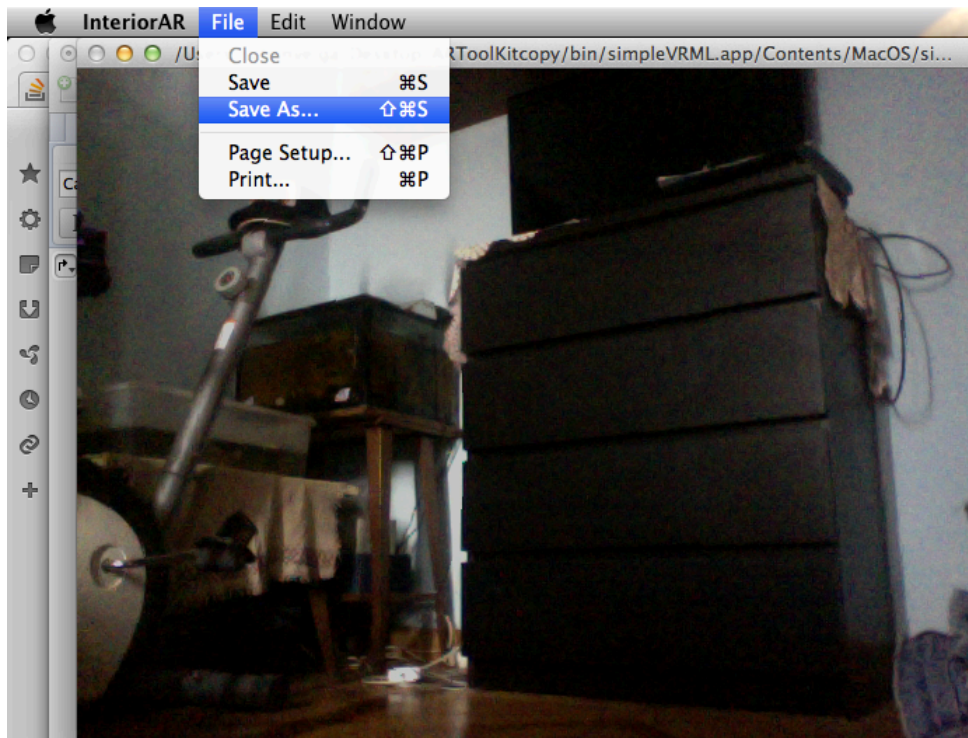


Figura 64 Opção de salvar uma imagem com a decoração

Desenvolveu-se um ícone bastante simples para a aplicação InteriorAR, apenas para diferenciar a aplicação e não ter que ficar com o ícone predefinido no Mac OS X.



Figura 65 Ícone da aplicação InteriorAR

4. Resultados

Debruçar-nos-emos agora sobre os testes realizados à aplicação InteriorAR, pois estes testes serviram para testar as funcionalidades do nosso sistema e ver se haviam anomalias que pudessem prejudicar o bom funcionamento do sistema. Também faremos análise dos dados do questionário elaborado, respondido pelos utilizadores quem testaram a aplicação InteriorAR.

4.1 Ilustração do sistema em diversas situações

Depois de serem criados os marcadores, os objetos virtuais e a aplicação realizou-se alguns testes de forma a ver como é que a aplicação reagiria bem como diferentes situações de que falaremos de seguida.

Um dos primeiros testes realizados tinha a função de confirmar o registo dos ficheiros padrão criados. Os marcadores ao serem reconhecidos ficariam com uma borda a verde e caso ainda não estivessem registados ficariam com uma borda a vermelho.

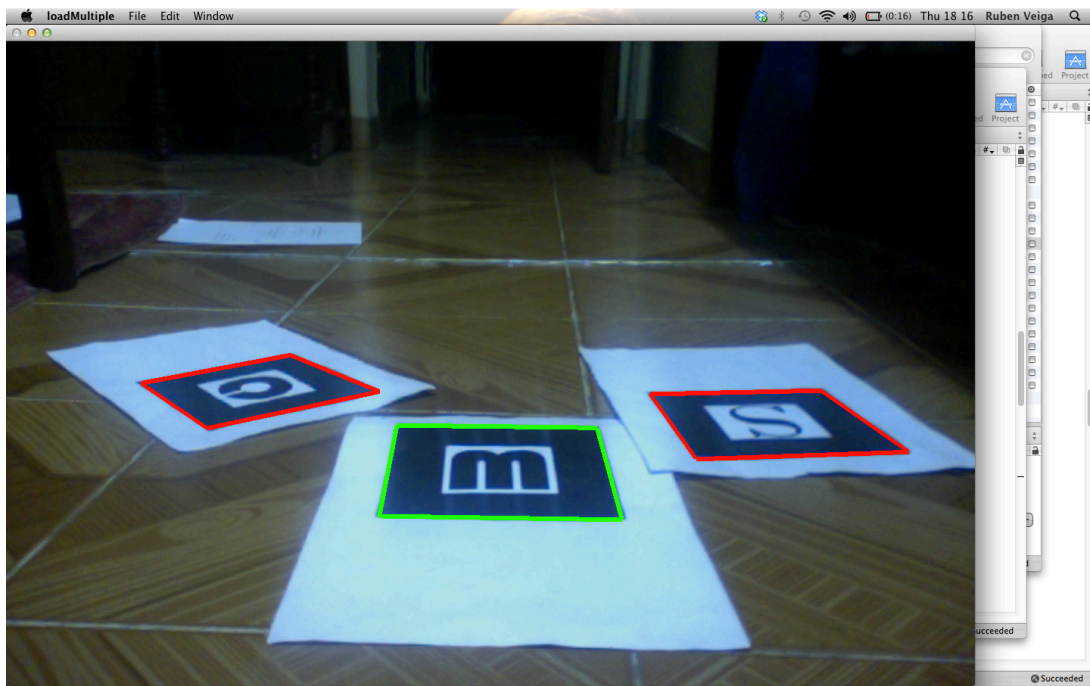


Figura 66 Primeiro teste com apenas um marcador registado.

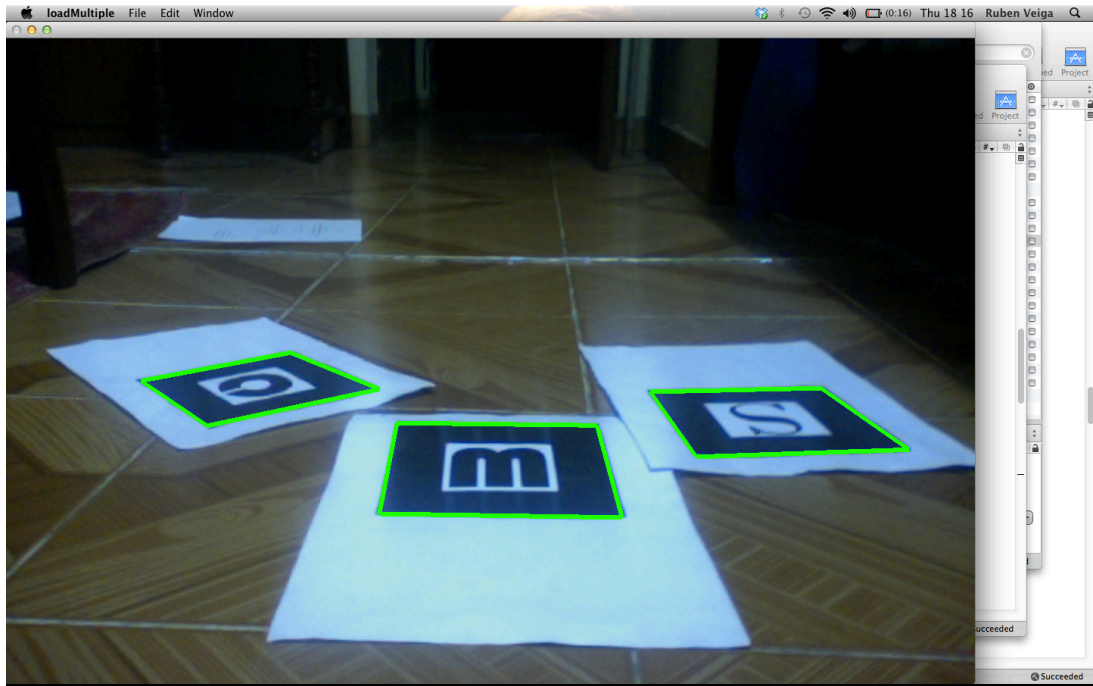


Figura 67 Registo de todos os marcadores a serem utilizados pelo InteriorAR

Estando construídos os objetos virtuais e exportação para VRML, atribuindo aos marcadores os respetivos ficheiros VRML, fizemos vários testes de forma a ver a criação do objeto virtual na cena em tempo real bem como testes para comparar objetos reais com os virtuais para saber qual a escala a ser aplicada a esses objetos a fim de serem o mais reais possíveis.



Figura 68 Introdução da awesomechair na cena real e teste de escala do objeto



Figura 69 Introdução da awesomecouch na cena real e teste de escala do objeto



Figura 70 Introdução da awesomechinesetable na cena real e teste de escala do objeto

Tendo o tamanho estipulado para os objetos virtuais introduzimos as texturas de forma a dar uma aparência mais real aos objetos.



Figura 71 Objeto virtual awesomechair com escala real e com textura.



Figura 72 Objeto virtual awesomecouch com escala real e com textura.



Figura 73 Objeto virtual awesomechinesetable com escala real e com textura.

De seguida fizemos a inserção de sombras simuladas de forma a dar uma aparência mais real pois objetos sem sombra dão a ideia de estarem a flutuar.

Também realizou-se testes para ver qual o melhor ângulo a ser utilizado para a projeção das sombras.

Resolvemos criar a projeção sombra como se a fonte de luz estivesse posicionada em cima do objeto virtual e a projeção da sombra ficará debaixo ou por trás do objeto virtual.

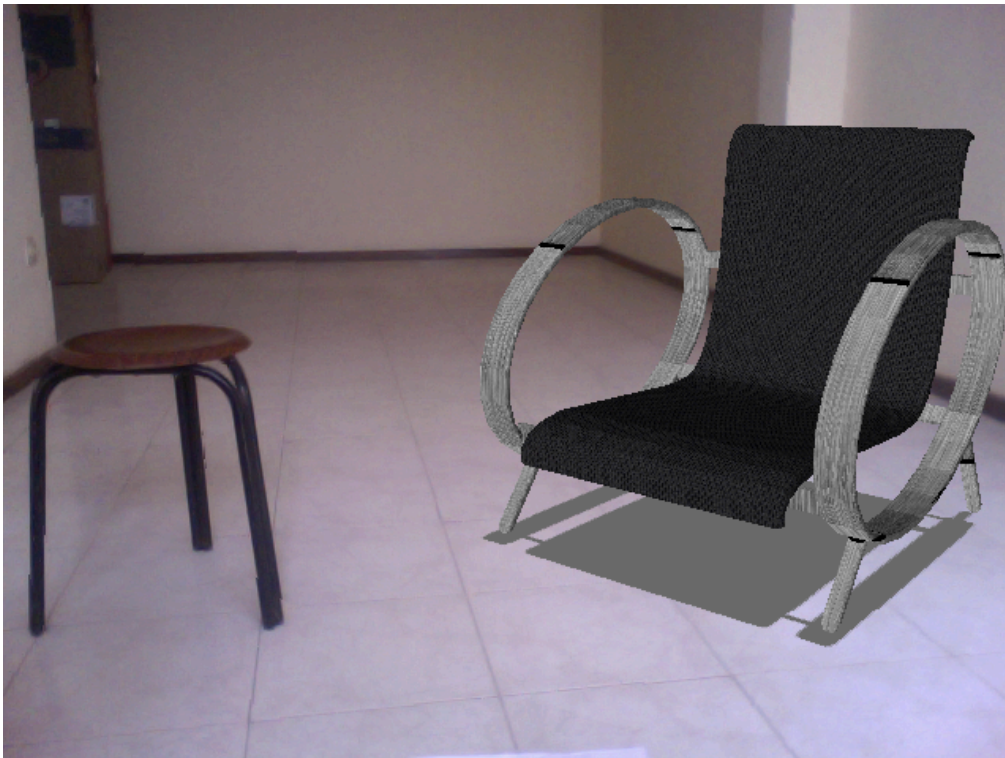


Figura 74 Objeto virtual awesomechair com escala real, com textura e sombra.



Figura 75 Objeto virtual awesomecouch escalado com textura e sombra



Figura 76 Objeto virtual awesomechinesetable escalado com textura e sombra

Realizou-se também teste para com mais de que um objeto na cena.



Figura 77 Teste com os objetos awesomechair e awesomecouch na cena



Figura 78 Teste com os objetos awesomechair e awesomechinesetable na cena



Figura 79 Teste com todos os objetos virtuais na cena

4.2 Análise dos dados do questionário

De seguida far-se-á a análise os dados obtidos do questionário realizado à 60 indivíduos cabo-verdianos a quem foram dados a oportunidade de utilizarem e testarem a aplicação InteriorAR de forma a obtermos a reação em relação a aplicação InteriorAR bem como sobre os seus conhecimentos em relação a Realidade Aumentada.

As questões iniciais estão relacionadas com os dados das pessoas inquiridas e com perguntas relacionadas com a Realidade Aumentada.

Questão1 – Idade

Podemos ver no gráfico 1 que a maioria dos inquiridos, cerca de 73 % têm idade compreendida entre os 19 e 25 anos e a segunda maior faixa etária com 20 % entre 26 aos 35 anos.

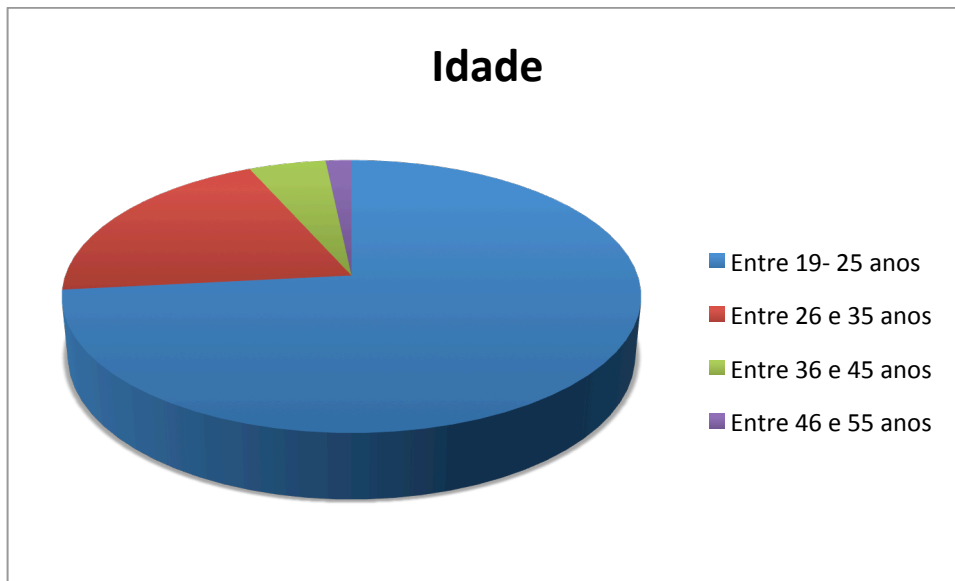


Gráfico 1 Idade

Questão 2 - Habilitações literárias

De acordo com o gráfico 2 podemos ver que 56,7 % dos inquiridos têm o *Décimo segundo ano de escolaridade*, 28,3 % são *licenciados* e 8,3 % são *bacharéis* , 5 % são *doutores*, estes dados são interessantes pois podemos ver que todos os inquiridos possuem um certo nível de escolaridade o que lhes dão um bom nível de conhecimento.



Gráfico 2 Habilitações literárias

Questão 3 - Área de atividade

Podemos reparar que 70 % dos inquiridos estão ligados à área de *tecnologia*, 15% ao *ensino* e dos 16,7% pertencem a *outras áreas* como *ciências da comunicação, aeronáutica, consultoria, teologia e sociologia*. Os 70 % dos inquiridos tecnologia será um ponto a ter em conta numa das questões mais a frente.



Gráfico 3 Área de atividades

Questão 4 – Já teve dificuldades na escolha de um mobiliário para a sua casa?

Podemos ver pelos dados no gráfico que 68,3 % dos inquiridos já tiveram alguma dificuldade na decoração ou na escolha de uma peça de mobiliário para as suas casas, o que suporta a ideia inicial da aplicação e 31,7% *não* tiveram dificuldades na escolha de mobiliário.

4. Já teve dificuldade na escolha de um mobiliário para a sua casa?

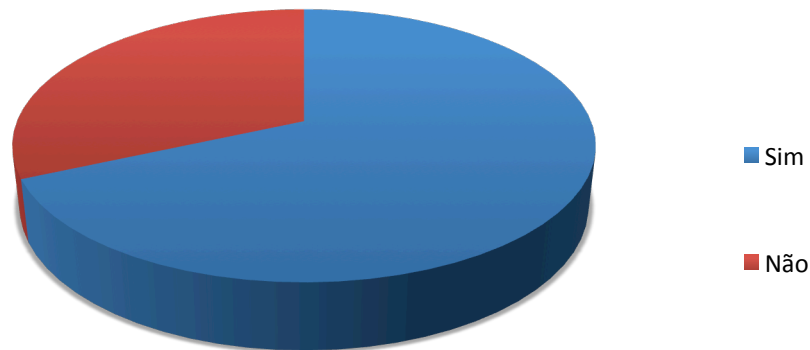


Gráfico 4 Dificuldade na escolha de uma peça de mobiliário

Questão 5 – Caso afirmativo na questão anterior qual foi o grau de dificuldade?

Esta questão só deveria ser respondida caso tivessem respondido positivamente à questão anterior.

O grau de dificuldade foi estipulado de 1 - pouca dificuldade a 5 - muita dificuldade, na escolha de peça de mobiliário para decoração.

De acordo com o gráfico apesar de terem tido alguma dificuldade na escolha do mobiliário essa dificuldade não foi tanta pois a maioria, 56,1% responderam que tiveram dificuldades do grau 3, 17,1% sentiram mais dificuldades respondendo grau 4, 12,2% sentiram pouca dificuldade, grau 2, 7,3 % tiveram muita dificuldade, e grau 5 apenas 4,9% sentiram pouca dificuldade, grau 1, apenas um dos inquiridos que responde positivamente a questão anterior não especificando qual o grau de dificuldade.

5. Caso afirmativo na questão anterior qual foi o grau de dificuldade?

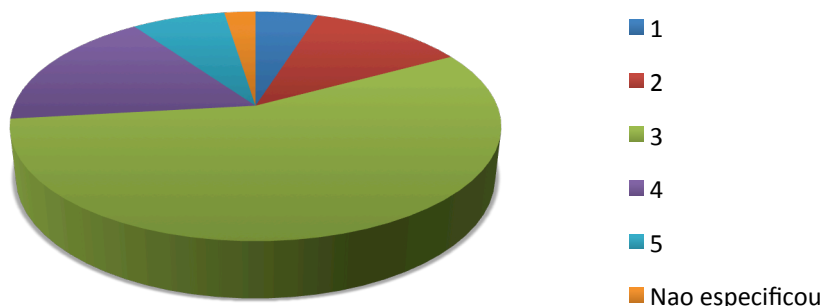


Gráfico 5 Grau de dificuldade na escolha do mobiliário

Questão 6 – A dificuldade na escolha teve a ver com:

Esta questão, era de múltipla escolha pois em diferentes momentos poderiam ter dificuldades diferentes ou mesmo num único momento poderiam ter várias dificuldades na decoração ou escolha de uma peça de mobiliário.

De acordo com o gráfico seguinte podemos reparar que 56,25% da dificuldade encontrada tem a ver com a *estética do mobiliário em relação às outras peças*, 31,25 % das dificuldades encontradas têm a ver com o *não saber qual será a melhor orientação ou posição para colocar o mobiliário* e 12,50% *não saber se o mobiliário caberá no espaço disponível*.

6. A dificuldade na escolha teve a ver com:

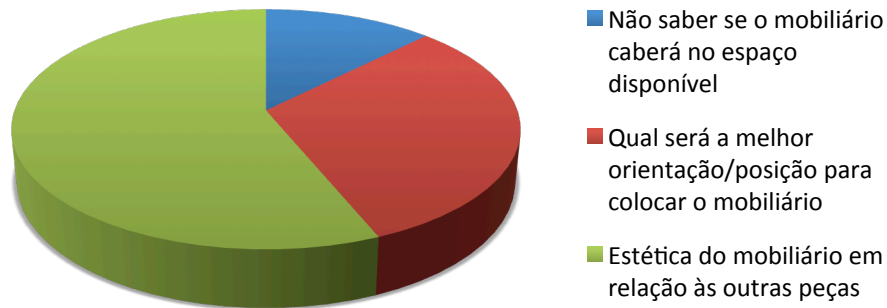


Gráfico 6 Tipo de dificuldade encontrada

Questão 7 – Antes deste projeto já tinha conhecimento da Realidade Aumentada?

Podemos ver pelo gráfico 7, que 48,3% dos inquiridos *já tinham um conhecimento sobre a Realidade Aumentada* ou tinham ouvido falar na televisão ou em disciplinas durante a formação superior e 51,7% *nunca tiveram conhecimento da Realidade Aumentada* antes deste projeto apesar de termos visto numa das questões anteriores que a maioria dos entrevistados estão ligados a área de *Tecnologia*, e todos possuem um bom nível de escolaridade, concluímos que, ainda em Cabo Verde o tema não é muito conhecido a nível geral.

7. Antes deste projecto já tinha conhecimento da Realidade Aumentada?

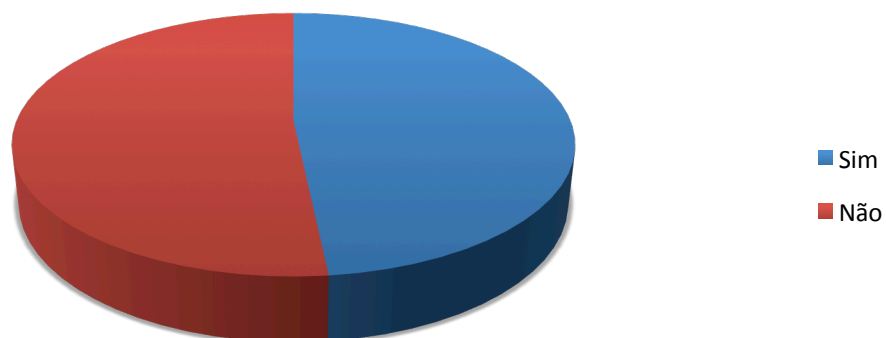


Gráfico 7 Conhecimento da Realidade Aumentada.

Questão 8 – Teve oportunidade de utilizar uma aplicação de Realidade Aumentada?

Como vimos na questão anterior a percentagem de inquiridos que não tinham um conhecimento sobre a Realidade Aumentada era bastante alta e este número aumentou quando perguntados se já tiveram alguma oportunidade de utilizar uma aplicação de Realidade Aumentada.

De acordo com o gráfico 88,3% dos inquiridos *nunca tiveram a oportunidade de utilizar uma aplicação de Realidade Aumentada* e apenas 11,7% dos inquiridos já tiveram a oportunidade de utilizar alguma aplicação em Realidade Aumentada.

Caso tivessem respondido afirmativamente a esta questão deviam também exemplificar quais foram as aplicações utilizadas e as respostas foram aplicações em telemóveis, *EyePet* da *PlayStation* e jogos de Realidade Aumentada.



Gráfico 8 Utilização de aplicações de Realidade Aumentada.

Questão 9 – Possui Webcam?

Para tira um melhor proveito da Realidade Aumentada é necessário um dispositivo para captação de imagem em tempo real, por isso achamos necessário fazer esta pergunta.

Podemos ver que 86,7% dos inquiridos *possui uma webcam* e que apenas 13,3% dos inquiridos *não possuem uma webcam*.



Gráfico 9 Utilizadores possuem uma webcam.

Questão 10 – Consideraria adquirir uma webcam para o seu computador de forma a poder tirar partido da Realidade Aumentada?

Esta questão deveria ser respondido caso tivessem respondido negativamente a questão anterior.

No gráfico 10 podemos ver que 75% dos 8 inquiridos que responderam negativamente a questão anterior *consideram adquirir uma webcam de forma a tirar partido da Realidade aumentada* e 25 % responderam que *talvez pensaria em adquirir uma webcam*.

10. Consideraria adquirir uma webcam para o seu computador de forma a poder tirar partido da Realidade Aumentada?

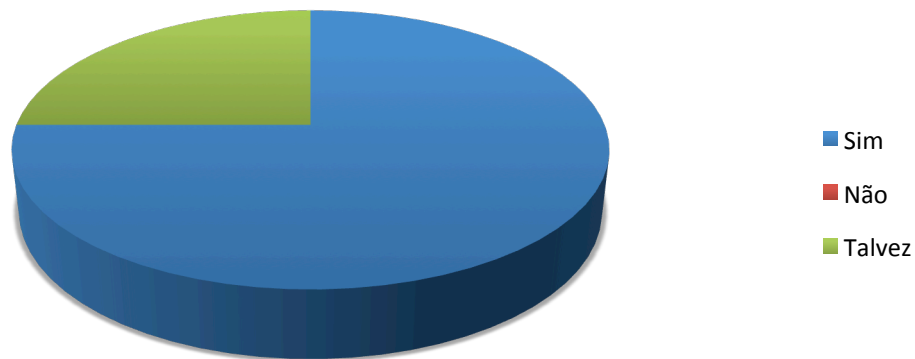


Gráfico 10 Possibilidade de adquirir uma webcam de forma a tirar partido da Realidade Aumentada.

As questões seguintes, serão relacionadas com a aplicação InteriorAR, ou seja só depois de terem utilizado e testado a aplicação é que deveriam responder a estas questões.

Questão 11 – Escolha de entre os seguintes adjetivos aquele(s) que considera mais adequados a esta tecnologia.

Esta questão também era de múltipla escolha, poderiam escolher varias opções.

De acordo com o gráfico podemos ver que 39,51% responderam o adjetivo que melhor acham adequado a esta tecnologia é *inovadora*, 38,27% *promissora*, 19,75% *boa*, 1,23 % disseram que a tecnologia é *comum* e também 1,23% acharam a tecnologia *divertida*.

**11. Escolha de entre os seguintes adjetivos
aquele(s) que considera mais adequados a
esta tecnologia:**

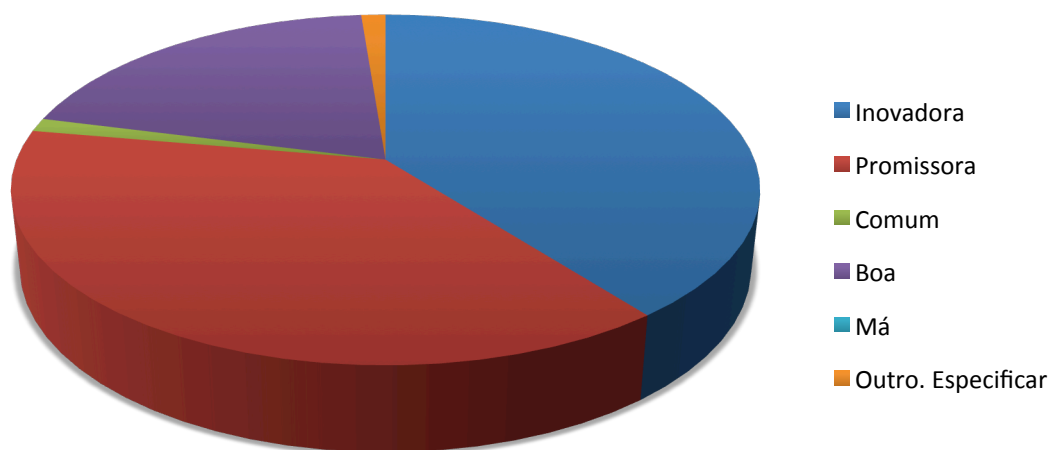


Gráfico 11 Adjetivo para descrever a tecnologia.

Questão 12 – Teve dificuldades em utilizar a Aplicação InteriorAR?

De acordo com o gráfico 60% dos utilizadores *não tiveram dificuldades em utilizar a aplicação InteriorAR*, acharam a interface bastante simples e a aplicação era bastante fácil de ser utilizada por isso não tiveram dificuldades nenhuma em utilizar a aplicação.

40 % dos utilizadores *tiveram alguma dificuldade em utilizar a aplicação InteriorAR*, devido a não perceberem inicialmente como utilizar a aplicação e de não terem percebido o funcionamento da mesma.

12. Teve dificuldade em utilizar a Aplicação InteriorAR?

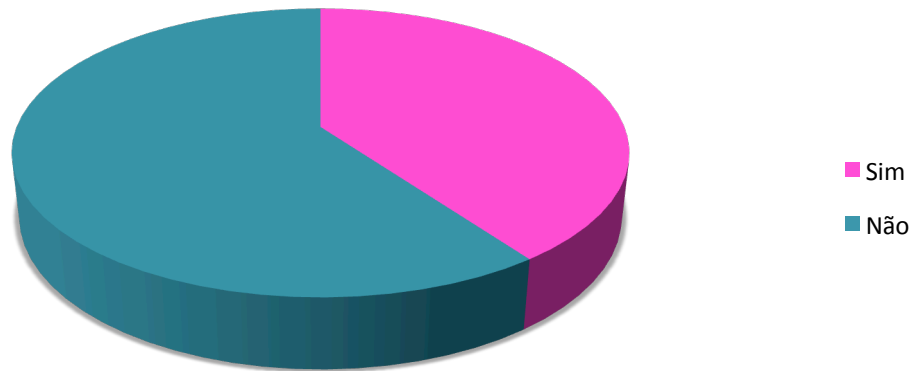


Gráfico 12 Dificuldade na utilização da aplicação InteriorAR.

Questão 13 – Teve dificuldade no manuseamento dos marcadores?

No gráfico 13, podemos ver que 48,3% *não tiveram dificuldade no manuseamento dos marcadores* de forma a testar a aplicação e fazer a decoração do espaço onde decorriam os testes.

51,7% tiveram *algumas dificuldades* no manuseamento dos marcadores, alguns por falta de perícia, outros porque não estavam a conseguir girar o objeto de forma a ficar na melhor posição possível, as vezes por causa das condições da luz não conseguiam fazer uma boa decoração, também devido a distância entre a câmara e o marcador e a posição em que estavam a colocar a marca não era a melhor para a captação da posição do marcador pelo programa e também algumas vezes a imagem aparecia invertida o que causou algum desconforto a esses utilizadores.

13. Teve dificuldade no manuseamento dos marcadores?

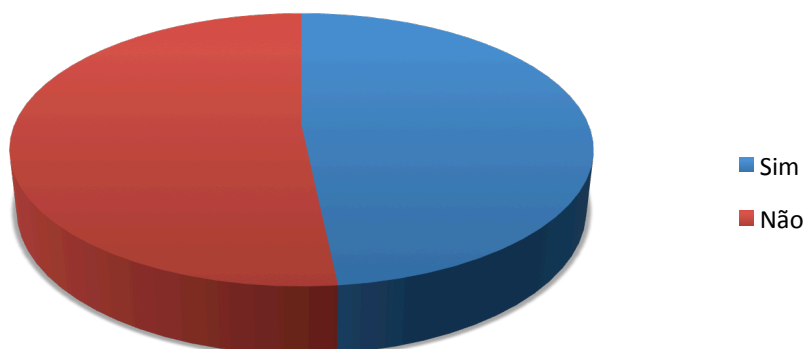


Gráfico 13 Dificuldades no manuseamento dos marcadores.

Questão 14 – Até que ponto a aplicação InteriorAR facilitará na escolha do mobiliário?

Em relação a esta questão o grau de facilitação é de 1 - pouco facilitaria na escolha do mobiliário á 5 - a aplicação facilitaria muito na escolha do mobiliário e serviria de grande apoio.

É notável no gráfico seguinte, que 38,3% responderam que a aplicação *facilitaria bastante* na escolha de mobiliário, 30% disseram que *facilitaria e muito*, 21,7% responderam que *facilitaria*, 8,3 % responderam *que seria de pouca ajuda* na escolha de mobiliário e 1,7 % responderam que *facilitaria muito pouco* na escolha de mobiliário.

14. Até que ponto a aplicação InteriorAR facilitara na escolha do mobiliário?

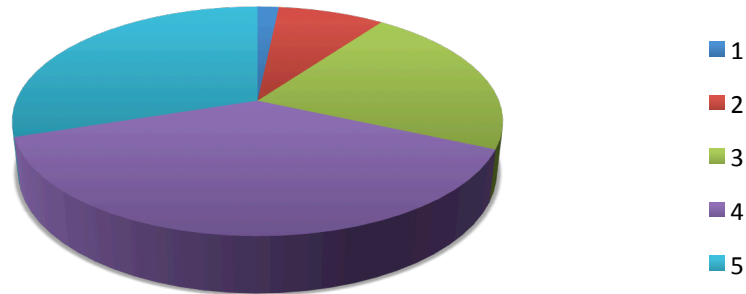


Gráfico 14 Grau de facilitação da escolha de mobiliário com o InteriorAR

Questão 15 – Utilizaria a aplicação como apoio para a escolha de mobiliário?

Segundo o gráfico 15, 90% dos 60 inquiridos disseram que utilizariam a aplicação como apoio e suporte para a escolha de mobiliário e para decoração interna dum espaço, tendo em conta que a maioria não teve dificuldades em utilizar a aplicação, nem dificuldade no manuseamento dos marcadores e terem dito que a aplicação facilitaria bastante na escolha de peças de mobiliário.

E apenas 10 % responderam que não utilizariam a aplicação como apoio para escolha de mobiliário, foram os mesmos que tiveram maiores dificuldades na utilização da aplicação, problemas no manuseamento dos marcadores e disseram que a aplicação de quase nada ajudaria na escolha de mobiliário.

15. Utilizaria a aplicação como apoio para a escolha de mobiliário?

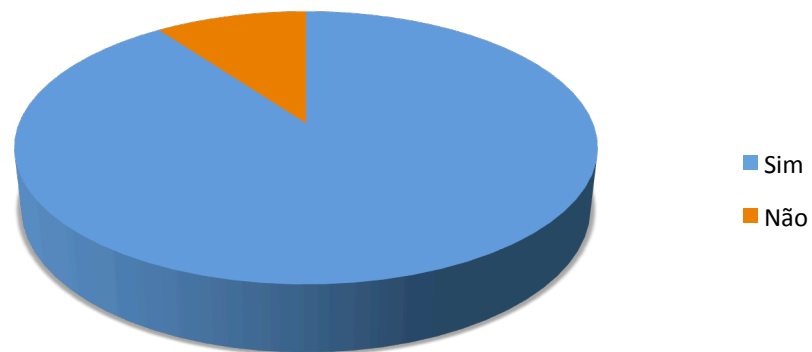


Gráfico 15 Utilização da aplicação como apoio para escolha de mobiliário



Figura 80 Utilizadores testando o InteriorAR

4.3. Avaliação do software

Partindo do inquérito feito á 60 utilizadores da Aplicação InteriorAR e pela *reação* recebido podemos concluir que a aplicação foi bem aceite, oferece uma interface bastante fácil de ser utilizada, e com uma pequena prática no manuseamento dos marcadores, não haverá dificuldades na sua utilização.

Uma outra questão que foi levantada durante os testes da aplicação foi em relação a projeção de sombras. Inicialmente como já foi dito pensamos fazer a projeção da sombra em tempo real mas devido a algumas dificuldades não foi possível a realização dessa tarefa, demonstramos o sistema sem a sombra simulada e também com a sombra simulada e quase a totalidade dos utilizadores acharam melhor utilizar o objeto com a sombra simulada, pois daria um aspecto visual mais interessante a cena.

E a opção de guardar a decoração feita utilizando o InteriorAR também traz mais valia a aplicação pois não teremos a necessidade de estar sempre a utilizar a aplicação para ver novamente a arrumação que foi feita .

5. Conclusão

Atualmente as novas tecnologias têm avançado a bom nível, e a Realidade Aumentada tem aproveitado muito com essa evolução. Apesar de ser uma tecnologia com poucos anos de vida, ela hoje em dia vem ganhando o seu espaço e existem cada vez mais aplicações de Realidade Aumentada desenvolvidas.

A Realidade Aumentada é uma tecnologia, que combina elementos do mundo real com elementos virtuais em 3D. Permitindo a interatividade entre objetos tanto reais como virtuais em tempo real, consiste na sobreposição realizada por meio de algum dispositivo tecnológico de objetos virtuais tridimensionais 3D criados por computador num ambiente real.

Existem atualmente várias bibliotecas que possibilitam a construção de aplicações de Realidade Aumentada para diferentes plataformas com desktop, móveis e *Web*, podendo o uso de marcadores com o ARToolKit ou NyARToolkit ou sem o uso de marcadores com o HandyAR.

Tendo em conta que o ARToolKit é uma biblioteca de programação que viabiliza o desenvolvimento de aplicações de Realidade Aumentada tangíveis, possibilitando assim realizar a interação dos utilizadores com dados computacionais complexos, através da manipulação de simples marcadores.

Existem inúmeras aplicações de Realidade Aumentada desenvolvidas em ARToolKit devido a sua fácil utilização e ser uma das bibliotecas mais utilizadas.

A Realidade Aumentada possibilita a introdução de objetos virtuais em ambiente real, diminuindo a dificuldade para decorar interiores, pois devido a vários factores achamos que poderíamos usar essa tecnologia para servir de apoio a decoração de interiores.

Nesse sentido, a presente dissertação abordou o desenvolvimento de uma aplicação de Realidade Aumentada para a decoração de interiores denominada InteriorAR.

A interação da aplicação InteriorAR foi realizada por meio dos marcadores criados especialmente para a aplicação de forma a possibilitar ao utilizador alterar posições e rodar os objetos virtuais a serem criados na cena real.

A dissertação abordou assuntos relacionados com a Realidade Aumentada, tipos de

Realidade Aumentada, as diferentes bibliotecas existentes para o desenvolvimento de Aplicações em Realidade Aumentada. Abordamos também sobre áreas em que a Realidade Aumentada tem sido utilizada com ferramenta de apoio, bem como todas as fases para o desenvolvimento da aplicação InteriorAR desde as configurações a serem feitas ao desenvolvimento dos marcadores, dos objetos virtuais, da interface da aplicação.

Fez a análise dos dados do inquérito feito a diferentes utilizadores do programa.

Os resultados são satisfatórios, pois notamos a reação dos inquiridos, a alegria e o espanto visto que foi novidade esta aplicação e praticamente desconhecida em Cabo Verde.

Num futuro próximo poderemos continuar o mesmo e alterar a aplicação de forma a ser possível fazer os cálculos da iluminação em tempo real e conseqüentemente a projeção de sombras e esconder a marca.

Referências bibliográficas

- [1]AZUMA, R.; *A Survey of Augmented Reality. Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, v.6, n.4, August, p.355-385, 1997.
- [2]AZUMA, R. T. et al. *Recent Advances in Augmented Reality*. IEEE Computer Graphics and Applications, v .21, n.6, p. 34-47. 2001.
- [3]BURDEA, G. C., & COIFFET, P.; *Virtual Reality Technology*. (2nd ed). New Brunswick, NJ: Wiley Interscience, 2003.
- [4]BAJURA, M. NEUMANN, U. Dynamic Registration Correction in Videobased Augmented Reality Systems In: *Computer Graphics an Applications*, IEEE Volume 15, Issue 5, Sep 1995, Pages: 52–60, 1995.
- [5] CADOZ C., *Realidade Virtual*, São Paulo: Editora ática, 1997.
- [6]CAWOOD S., FIALA M., *Augmented Reality: A Practical Guide*; Pragmatic Bookshelf; Pragmatic Bookshelf, Raleigh. 2008.
- [7]CIPRIANO B., BILA V., (2007) “Associar um modelo 3D a um marker usando o exemplo simpleVRML” Disponível em:
http://movlab.ulusofona.pt/cms/templates/movlab/files/virtools/40_ARToolkit_simpl eVRML.pdf , Acesso: 11-01-2011.
- [8]COSTA R., RIBEIRO M., *Aplicações de Realidade Virtual e Aumentada*, Sociedade Brasileira de Computação – SBC, Submetido ao: XI Simpósio de Realidade virtual e Aumentada, 2009.
- [9]BERRE A, SYVERENSEN T.,SALOMONSENM., INGVALDSEN K, *ARToolKit for Dummies*, 2010
- [10]FEINER, S. et al. A Touring Machine: Prototyping 3D Mobile Augmented Reality Systems for Exploring the Urban Environment In: *Proc ISWC '97 (Int. Symp. on Wearable Computing)*, Cambridge, MA, October 13–14, pages 74–81, 1997
- [11]FORTE C., (2009), *Software Educacional Potencializado Com Realidade Aumentada Para Uso Em Física E Matemática*, Piracicaba, SP, Disponível em:
<https://www.unimep.br/phpg/bibdig/aluno/down.php?cod=588> Acesso em 11-01-2011.
- [12]HIRZER M., (2008), *Marker Detection For Augmented Reality Applications*, Austria, Disponível em: http://studierstube.icg.tugraz.at/thesis/marker_detection.pdf Acesso

em 11-01-2011.

[13] DAVIDSON A., (2009), *Killer Game Programming Chapter 16.5. Augmented Reality*, Disponível em: <http://fivedots.coe.psu.ac.th/~ad/jg/> Acesso: 12-01-2011

[14] KATO H., (2006) *Inside ARToolkit*, Disponível em:
<http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/Papers/ART02-Tutorial.pdf> Acesso 16-01-2001

[15] KATO H., BILLINGHURST M., POUPYREV I., (2001) *The MagicBook— Moving Seamlessly between Reality and Virtuality*, University of Washington, Disponível em:
<https://dl.acm.org/citation.cfm?id=618818> acesso 19-01-2011

[16] KIRNER C., SANTIN R., (2010) ARTOOLKIT: Conceitos e ferramentas de autoria colaborativa, Disponível em: www.ckirner.com/sacra/ARTK-tutor-CK-final.pdf Acesso: 03-02-2001

[17] KIRNER, C.; TORI, R. Fundamentos de Realidade Aumentada. In: Claudio Kirner; Romero Tori; Robson Siscoutto. (Ed.). Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada. Pré Simpósio SVR 2006, SBC, Belém, pp. 22-38, 2006.

[18] KIRNER, C.; SISCOOTTO, R. Realidade virtual e Aumentada: Conceitos, projeto e Aplicações. In: Claudio Kirner; Robson Siscoutto. (Ed.). Realidade virtual e Aumentada: Conceitos, projeto e Aplicações. Pré Simpósio IX SVAR 2007, SBC, Pétropolis, RJ, pp. 206-213, 2007.

[19] KOYAMA, T. (2010) "Introduction to FLARToolKit", Disponível em: <http://saqoosha.net/lab/FLARToolKit/Introduction-to-FLARToolKit.pdf>, Acesso: 11-01-2011.

[20] LEE T. and HÖLLERRER T., *Handy AR: Markerless inspection of augmented reality objects using fingertip tracking*. Submitted to: International Symposium on Wearable Computers, 2007

[21] LUZ R., (2009), *Aplicações de Realidade Aumentada*, Disponível em:
http://www.faculdadeatual.edu.br/atualtec/Download/Aplicacoes_de_Realidade_Aumentada_na_Educacao.pdf Acesso 15-10-2001

[22] MACINTYRE B., GANDY M., DOW S., BOLTER J., *DART: A Toolkit for Rapid Design Exploration of Augmented Reality Experiences*, Georgia Institute of Technology, Atlanta, Disponível em:
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.84.3540&rep=rep1&ty>

[pe=pdf](#) acesso: 20-01-2011

- [23]MILGRAM, P; KISHINO F. *A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays*. IEICE Transactions on Information Systems, v. E77-D, n. 12, 1994.
- [24]NUNES F. MACHADO L., PINHO M., KIRNER C., *Abordagens praticas de realidade virtual e Aumentada*, Sociedade Brasileira de Computação – SBC, Submetido ao: XI Symposium On Virtual And Augmented Reality, 2009.
- [25] OLIVEIRA, L. A. *Desenvolvimento do NetARToolKit: Um Sistema Distribuído de Realidade Aumentada*. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação). Universidade Metodista de Piracicaba, Piracicaba. 2008.
- [26]OLIVEIRA F., *Desenvolvimento De Aplicações Educacionais Interativas E Colaborativas Com Realidade Aumentada*, Piracicaba, SP, 2010
- [27]SAIRIO M., (2000) “Augmented Reality”, Helsinki University of Technology, Disponível em:
http://www.tml.tkk.fi/Studies/Tik-111.590/2001s/papers/mikko_sairio.pdf Acesso 19-01-2011
- [28] SANTIN, R. Sistema de Autoria Em Ambiente Colaborativo com Realidade Aumentada. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação). Universidade Metodista de Piracicaba, Piracicaba. 2008.
- [29]VALLINO J., *Interactive Augmented Reality*, Ph.D. Thesis University of Rochester, New York ,1998.
- [30]WAHL S., *ARTAG Augmenterd Reality System*, Institute for InformationTechnology, Canada, 2001.

LISTA de WEBSITES VISITADOS

- 10 awesome uses of Augmented Reality Marketing. Disponível em:
<<http://mashable.com/2009/12/26/augmented-reality-marketing/>> Acesso: 23-11-2010.
- 35 awesome Augmented Reality exemples. Disponível em:
<http://www.bannerblog.com.au/news/2009/06/35_awesome_augmented_reality_examples.php> Acesso: 23-11-2010.
- AGARWAL Y., Tools for Developing Augmented Reality Application. Disponível em:
<<http://www.upsidelearning.com/blog/index.php/2010/04/30/tools-for-developing-augmented-reality-applications/>> Acesso: 03-01-2011.
- AR-media™ Plugin for Google™ SketchUp™. Disponível em:
<http://www.inglobetechnologies.com/en/products/arplugin_su/info.php> Acesso: 11-01-2011.
- ARToolKit. Disponível em <http://www.artoolworks.com/ARToolKit_NFT.html>

Acesso: 11-01-2011.

ARTAG. Disponível em <<http://www.artag.net> > Acesso: 11-01-2011.

ARToolKitPLUS. Disponível em:
<http://studierstube.icg.tugraz.ac.at/handheld_ar/artoolkitplus.php> Acesso: 11-01-2011.

Augmented Reality Disponível em:
<https://secure.wikimedia.org/wikipedia/en/wiki/Augmented_reality> Acesso: 03-01-2011.

Augmented Blog. Disponível em: <<http://augmentedblog.wordpress.com/>> Acesso: 23-11-2010.

Augmented Reality Book. Disponível em <<http://www.realareal.com/tag/augmented-reality-book>> Acesso: 04-01-2011.

BLANCER, Beginner's Guide to Augmented Reality. Disponível em:
<<http://blancer.com/tutorials/78609/beginner%E2%80%99s-guide-to-augmented-reality/> > Acesso: 03-01-2011.

D'Fusion Studio. Disponível em: <<http://www.t-immersion.com/en,on-stage-presentation,33.html> > Acesso: 11-01-2011.

DART. Disponível em <<http://www.cc.gatech.edu/dart/> > Acesso: 11-01-2011.

Desenvolvimento de Realidade Aumentada utilizando Java. Disponível em:
<<http://www.guj.com.br/java/133419-desenvolvimento-de-realidade-aumentada-utilizando-java/3> > Acesso: 13-03-2011.

IKEA Augmented Reality. Disponível em <<http://issuu.com/mkparsley/docs/ikea#print>> Acesso: 13-03-2011.

FLARManager. Disponível em <<http://words.transmote.com/wp/flarmanager/>> Acesso: 11-01-2011.

FLARToolKit. Disponível em < <http://www.libspark.org/wiki/saqoosha/FLARToolKit/en>> Acesso: 11-01-2011.

HAUTSCH O., Como funciona a Realidade Aumentada. Disponível em:
<<http://www.baixaki.com.br/info/2124-como-funciona-a-realidade-aumentada.htm>> Acesso: 25-10-2010.

KARRER T., Augmented Reality for Disponível em:
<<http://elearningtech.blogspot.com/2010/07/augmented-reality-for-learning.html> > Acesso: 03-01-2011.

KIRNER C., ARToolKit. Disponível em:
<http://www.ckirner.com/realidadevirtual/?%26nbsp%3B_ARTOOLKIT> Acesso: 14-11-2010.

LEITE R., Realidade Aumentada? Tecnologia 3D. Disponível em:
<<http://www.upinside.com.br/noticias/realidade-aumentada-%E2%80%93-tecnologia-3d>> Acesso: 25-10-2010.

LinceoVR. Disponível em < <http://linceovr.seac02.it/> > Acesso: 11-01-2011.

Metaio.Augmented Reality. Disponível em:
<<http://www.metaio.com/products/mobile/> > Acesso: 11-01-2011.

MR. Furniture 3DModels. Disponível em <<http://www.mr-cad.com/> > Acesso: 10-01-2012.

PHAN V., CHOO S., Interior Design in Reality Enviromnent. Disponível em:
<<http://www.ijcaonline.org/archives/volume5/number5/912-1290>> Acesso: 09-12-2010

Realidade Virtual e Aumentada. Disponível em:
 <<http://www.realidadevirtual.com.br/cmsimple-rv/>> Acesso: 25-10-2010.

RIVELLO S., Augmented Reality using webcam and Flash. Disponível em:
 <http://www.adobe.com/devnet/flash/articles/augmented_reality.html> Acesso: 03-01-2011.

SACRA. Disponível em <<http://www.ckirner.com/sacra/>> Acesso: 20-02-2011.

SAVOIE O., Types of Augmented Reality. Disponível em:
 <http://www.ehow.com/list_5790131_types-augmented-reality.html> Acesso: 29-01-2011.

SLARToolkit – Silverlight and Windows Phone Augmented Reality Toolkit. Disponível em: <<https://slartoolkit.codeplex.com/>> Acesso: 26-01-2011.

Uma Era de Realidade Aumentada. Disponível em:
 <<https://augmentedage.wordpress.com/>> Acesso: 09 De Dezembro de 2010.

VALENCIA E., Types of Augmented Reality. Disponível em:
 <<http://eduardovalencia.com/2010/04/03/types-of-augmented-reality/>> Acesso: 29-01-2011.

www1: Studierstube. Disponível em:
 <<http://www.cg.tuwien.ac.at/research/vr/studierstube/multidim/>> Acesso:10-03-2011.

www2: Augmented your Reality. Disponível em:
 <<http://www.almostlikeeverything.com/tech/augment-your-reality/>> Acesso: 10-03-2011.

www3 :Projeto ARCHEOGUIDE (Augmented Reality-based Cultural Heritage). Disponível em: <<http://archeoguide.intranet.gr/>> Acesso: 10-03-2011.

www4: Cartões de Baseball 3D dão movimento ao jogadores. Disponível em :
 <<http://www.clicrbs.com.br/especial/jsp/default.jsp?uf=1&local=1&espid=117&action=noticias&id=2432095>> Acesso: 10-03-2011.

www5: Invizamals. Disponível em:
 <<http://downloadday.blogspot.com/2011/11/invizimals-lost-tribes.html>> Acesso: 20-12-2011

www6: Microsoft Kinect. Disponível em: < <http://www.xbox.com/kinect> > Acesso: 10-03-2011

www7: EYEPET. Disponível em: <<http://www.slashgear.com/sony-eyepet-gets-new-screenshots-video-demo-0445966/>> Acesso: 20-03-2011

www8: Projeto ARQuake. Disponível em:
 <<http://wearables.unisa.edu.au/projects/arquake/>> Acesso: 10 -03-2011.

www9: SNAPSHOT. Disponível em <<http://www.snapshotinc.com/>> Acesso: 13-03-2011.

www10: MyIKEA. Disponível em <<http://www.robinwestergren.com/ikea/>> Acesso: 13-03-2011.

www11: VIERA AR Setup simulator. Disponível em:
 <http://panasonic.net/apps/en/setup_simulator/> Acesso: 13-03-2011.

www12: ARToolKiT. Disponível em:
 <<http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>> Acesso: 13-01-2011.

www13: How ARToolKit works. Disponível em:
 <http://www.artoolworks.com/support/library/How_ARToolKit_works> Acesso: 11-01-2011.

www14: Computer vision algorithm. Disponível em:
< <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/documentation/vision.htm>>
Acesso: 20-02-2011.

www15: Coordinate systems. Disponível em:
<<http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/documentation/cs.htm>> Acesso: 20-02-2011.

www16: Creating and training new ARToolkit markers. Disponível em:
<http://www.artoolworks.com/support/library/Creating_and_training_new_ARToolKit_markers> Acesso: 20-02-2011.

www17: FA90X. Disponível em:
<<http://www.tc.gc.ca/eng/civilaviation/standards/commerce-3780.htm>> Acesso: 20-03-2011

www18: Tipos de Sistemas de Realidade Aumentada. Disponível em: <
http://realidadeaugmentada.com.br/home/index.php?option=com_content&task=view&id=4&Itemid=1> Acesso: 30-12-2010.

www19: ARToolkit Marker Generator Online Disponível em <
<http://flash.tarotaro.org/blog/2008/12/14/artoolkit-marker-generator-online-released/>> Acesso: 20-02-2011.

www20: osgART < <http://www.artoolworks.com/products/desk-top/osgart/>> Acesso 20-02-2011

www21: Flartoolkit. Disponível em : <
<http://www.artoolworks.com/products/web/flartoolkit-2/>> Acesso 20-02-2011

www22: HandyAR. Disponível em:
<<http://ilab.cs.ucsb.edu/projects/taehee/HandyAR/HandyAR.html>> Acesso: 11-01-2011.

www23: NyARToolKit. Disponível em <<http://nyatla.jp/nyartoolkit/wp/>> Acesso: 11-01-2011.

Anexos

Questionário

Este questionário enquadra-se no âmbito da Tese de Mestrado de Multimédia "Desenvolvimento de uma aplicação de Realidade Aumentada para decoração de interiores".

A sua opinião é importante!

Agradeço desde já a sua colaboração.

1. Idade

<input type="checkbox"/>	Até 18 anos
<input type="checkbox"/>	Entre 19 e 25 anos
<input type="checkbox"/>	Entre 26 e 35 anos
<input type="checkbox"/>	Entre 36 e 45 anos
<input type="checkbox"/>	Entre 46 e 55 anos
<input type="checkbox"/>	Entre 56 e 65 anos
<input type="checkbox"/>	+ 66 anos

2. Habilitações literárias :

<input type="checkbox"/>	Primária
<input type="checkbox"/>	Até 9º ano
<input type="checkbox"/>	12º ano
<input type="checkbox"/>	Bacharelato
<input type="checkbox"/>	Licenciatura
<input type="checkbox"/>	Mestrado
<input type="checkbox"/>	Doutoramento

3. Área de Atividade

<input type="checkbox"/>	Ensino
<input type="checkbox"/>	Saúde
<input type="checkbox"/>	Tecnologia
<input type="checkbox"/>	Turismo

<input type="checkbox"/>	Energia	
<input type="checkbox"/>	Indústria	
<input type="checkbox"/>	Comércio	
<input type="checkbox"/>	Outra. Especificar	<input type="text"/>

4. Já teve dificuldade na escolha de um mobiliário para a sua casa?

Sim Não

5. Caso afirmativo na questão anterior qual foi o grau de dificuldade?
(1 pouca dificuldade, 5 muita dificuldade)

1 2 3 4 5

6. A dificuldade na escolha teve a ver com:

<input type="checkbox"/>	Não saber se o mobiliário caberá no espaço disponível	
<input type="checkbox"/>	Qual será a melhor orientação/posição para colocar o mobiliário	
<input type="checkbox"/>	Estética do mobiliário em relação as outras peças	
<input type="checkbox"/>	Outra. Especificar	<input type="text"/>

7. Antes de deste projeto já tinha conhecimento da Realidade Aumentada?

Sim Não

8. Teve oportunidade de utilizar uma aplicação de Realidade Aumentada?

Sim Não

Caso afirmativo. Exemplifique _____

9. Possui webcam?

Sim Não

(Se respondeu negativamente na questão anterior)

10. Consideraria adquirir uma webcam para o seu computador de forma a poder tirar partido da Realidade Aumentada?

Sim Não Talvez

11. Escolha de entre os seguintes adjetivos aquele(s) que considera mais adequados a esta tecnologia:

<input type="checkbox"/> Inovadora	<input type="checkbox"/> Boa
<input type="checkbox"/> Promissora	<input type="checkbox"/> Má
<input type="checkbox"/> Comum	<input type="checkbox"/> Outro. Especificar _____

12. Teve dificuldade em utilizar a Aplicação InteriorAR?

Sim Não

13. Teve dificuldade no manuseamento dos marcadores?

Sim Não

14. Até que ponto a aplicação InteriorAR facilitara na escolha do mobiliário?

(1 pouca , ... 5 muita)

1 2 3 4 5

15. Utilizaria a aplicação como apoio para a escolha de mobiliário?

Sim Não

Tabela com os dados do inquérito

Questão 1 – Idade (60 inqueridos)

Variáveis	Resposta	Percentagem
Até 18 anos	0	0,0
Entre 19- 25 anos	44	73,3%
Entre 26 e 35 anos	12	20%
Entre 36 e 45 anos	3	5%
Entre 46 e 55 anos	1	1,7%
Entre 56 e 65 anos	0	0
+ 66 anos	0	0

Questão 2 – Habilitações literárias (60 inqueridos)

Variáveis	Resposta	Percentagem
Primária	0	0%
Até 9º ano	0	0%
12º ano	34	56,7%
Bacharelato	5	8,3%
Licenciatura	17	28,3%
Mestrado	1	1,7%
Doutoramento	3	5%

Questão 3 – Área de atividade (60 inqueridos)

Variáveis	Resposta	Percentagem
Ensino	9	15%
Saúde	0	0%
Tecnologia	42	70%
Turismo	1	1,7%
Energia	0	0%
Indústria	0	0%
Comércio	0	0%
Outro	10	16,7%

Questão 4 – Já teve dificuldades na escolha de um mobiliário para a sua casa? (60 inqueridos)

Variáveis	Resposta	Percentagem
Sim	41	68,3%
Não	19	31,7%

Questão 5 – Caso afirmativo na questão anterior qual foi o grau de dificuldade? (41 inqueridos que respondem positivamente na questão anterior)

Variáveis	Resposta	Percentagem
1	2	4,9%
2	5	12,2%
3	23	56,1%
4	7	17,1%
5	3	7,3%
Nao especificou	1	2,4%

Questão 6 – A dificuldade na escolha teve a ver com: (41 inqueridos que respondem positivamente na questão anterior, múltipla escolha)

Variáveis	Resposta	Percentagem
Não saber se o mobiliário caberá no espaço disponível	6	12,5%
Qual será a melhor orientação/posição para colocar o mobiliário	15	31,25%
Estética do mobiliário em relação às outras peças	27	56,25%

Questão 7 – Antes deste projeto já tinha conhecimento da Realidade Aumentada? (60 inqueridos)

Variáveis	Resposta	Percentagem
Sim	29	51,7%
Não	31	48,3%

Questão 8 – Teve oportunidade de utilizar uma aplicação de Realidade Aumentada? (60 inqueridos)

Variáveis	Resposta	Percentagem
Sim	7	11,7%
Não	53	88,3%

Questão 9 – Possui Webcam? (60 inqueridos)

Variáveis	Resposta	Percentagem
Sim	52	86,7%
Não	8	13,3%

Questão 10 – Consideraria adquirir uma webcam para o seu computador de forma a poder tirar partido da Realidade Aumentada? (8 inqueridos que responderão negativo na questão anterior)

Variáveis	Resposta	Percentagem
Sim	6	75%
Não	0	0%
Talvez	2	25%

Questão 11 – Escolha de entre os seguintes adjetivos aquele(s) que considera mais adequados a esta tecnologia. (60 inqueridos, múltipla escolha)

Variáveis	Resposta	Percentagem
Inovadora	32	39,52%
Promissora	31	38,27%
Comum	1	1,23%
Boa	16	19,75%
Má	0	0%
Outro. Especificar	1	1,23%

Questão 12 – Teve dificuldades em utilizar a Aplicação InteriorAR? (60 inqueridos)

Variáveis	Resposta	Percentagem
Sim	24	40%
Não	36	60%

Questão 13 – Teve dificuldade no manuseamento dos marcadores? (60 inqueridos)

Variáveis	Resposta	Percentagem
Sim	29	48,3%
Não	31	51,7%

Questão 14 – Até que ponto a aplicação InteriorAR facilitará na escolha do mobiliário?

(60 inqueridos)

Variáveis	Resposta	Percentagem
1	1	1,7%
2	5	8,3%
3	13	21,7%
4	23	38,3%
5	18	30,0%

Questão 15 – Utilizaria a aplicação como apoio para a escolha de mobiliário? (60

inqueridos)

Variáveis	Resposta	Percentagem
Sim	54	90%
Não	6	10%