



**Universidade de Aveiro**  
2013

Departamento de Comunicação e Arte

**RUBEN JOÃO**  
**MARTINS CARVALHO**      **PROPOSTA DE UMA VISITA VIRTUAL 3D AO CLAUSTRO DO**  
**MUSEU DE AVEIRO**



**RUBEN JOÃO  
MARTINS CARVALHO**

**PROPOSTA DE UMA VISITA VIRTUAL 3D AO CLAUSTRO DO  
MUSEU DE AVEIRO**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Comunicação Multimédia, realizada sob a orientação científica do Doutor Rui Raposo, Professor Auxiliar do Departamento de Comunicação e Arte da Universidade de Aveiro

**o júri**

presidente

Prof. Doutor Pedro Miguel dos Santos Beça Pereira  
Professor auxiliar da Universidade de Aveiro

Dr. José António Queirós de Oliveira Rebocho Cristo  
Especialista do Museu de Aveiro

Prof. Doutor Rui Manuel de Assunção Raposo (Orientador)  
Professor auxiliar da Universidade de Aveiro

## **agradecimentos**

Gostava de agradecer aos meus pais, irmãos e amigos: Daniel, Flávio, Gonçalo, Leónida, Miguel e Rui por todo o apoio que me deram nos últimos meses. As minhas colegas de trabalho Cláudia Chaves e Paula Nelas por me convencerem a entrar nesta aventura. Ao meu orientador Rui Raposo, pelo apoio e paciência dedicada a todo o projeto. Ao Professor Carlos Albuquerque por toda a ajuda e disponibilidade. E por fim a todos os funcionários do Museu de Aveiro pela simpatia e disponibilidade.

**Palavras-chave**

Museu virtual, Restauro digital, Web 3D, Património cultural

**Resumo**

O presente estudo pretende preencher uma lacuna existente nos museus atuais, que não apresentam evolução tecnológica e desenvolvimento na web que lhes permitam cativar novos públicos através de aplicações museológicas *online*. O projecto é de forma objectiva a recriação e o restauro digital dos claustros do Museu de Aveiro entre o século XVII e XIX. através do levantamento de imagens e documentação da época, disponibilizadas pelo Museu de Aveiro. As tecnologias 3D são uma mais-valia neste âmbito, no sentido de que se mantêm inalteráveis, podem ser acedidas em qualquer altura e lugar, e podem complementar o espaço com informações adicionais.

Analisando o panorama actual de espaços museológicos virtuais e as suas vantagens, elaboramos através de várias ferramentas multimédia e suporte digital, a construção e restauro de uma visita virtual do Claustro do Museu de Aveiro.

**Keywords**

Virtual Museum, Digital Restoration, Web 3D, Cultural Heritage

**Abstract**

This study aims to fill a gap in existing museums, which do not present technological and web development to enable them capture new audiences through online museum applications. The project aims to recreate and restore a digital application of the Cloisters of Aveiro Museum between the XVII and XIX century, surveyed the pictures and documentation of the time, provided by the Museum of Aveiro. 3D technologies are an asset in this context, in the sense that remain unchanged, can be accessed at any time and place, and can complement the space with additional information. Analysing the current situation of virtual museums and their advantages, we elaborated through various multimedia tools and digital media, the construction and restoration of a virtual tour to the Cloisters of Aveiro Museum.

## Índice

1.	Introdução.....	1
1.1.	Finalidade do projeto .....	2
1.2.	Objetivo Geral.....	3
1.3.	Objetivo Específico.....	3
1.4.	Metodologia .....	3
1.5.	Estrutura da dissertação .....	4
2.	Enquadramento Teórico .....	5
2.1.	Museus Tradicionais .....	5
2.2.	Museus Virtuais .....	6
2.3.	Tipos de Museus Virtuais .....	8
2.4.	Vantagens e desvantagens dos Museus Virtuais.....	12
2.4.1.	Vantagens .....	12
2.4.2.	Desvantagens .....	14
2.5.	Museu de Aveiro.....	15
2.5.1.	De Convento a Museu .....	17
2.5.2.	Claustro.....	18
3.	Estado de Arte .....	20
3.1.	Ferramentas de digitalização 3D.....	20
3.2.	Software 3D .....	22
3.2.1.	Análise Comparativa de Software 3D .....	24
3.3.	Motores Gráficos .....	25
3.3.1.	Análise Comparativa de Motores Gráficos.....	27
3.4.	Espaços Museológicos virtuais em Portugal .....	30
3.5.	Espaços Museológicos virtuais internacionais .....	37
4.	Implementação do Protótipo.....	43

4.1.	Pré-Produção.....	43
4.2.	Modelação.....	45
4.3.	Mapeamento.....	52
4.4.	Criação e conversão de Texturas .....	54
4.5.	<i>Lightmaps Bake</i> .....	59
4.6.	Pós-produção .....	60
4.7.	Conversão para Android .....	62
4.8.	Interface gráfico e interatividade .....	64
5.	Conclusões e perspectivas de investigação futura.....	69
6.	Bibliografia.....	72



## Índice de Tabelas

Tabela 1 – Adaptado de Sousa (2010), Evolução histórica dos museus virtuais.....	8
Tabela 2 – Custo de <i>software 3D</i> .....	25
Tabela 3 – Custo dos motores gráficos.....	28
Tabela 4 – Curva de aprendizagem de motores gráficos.....	28
Tabela 5 – Conhecimentos necessários a produção de conteúdo em motores gráficos.....	29
Tabela 6 – Plataformas de exportação suportadas por motores gráficos.....	29
Tabela 7 – Documentação e suporte disponível de motores gráficos.....	30

## Índice de Figuras

Figura 1 – Exemplo de Folheto eletrónico do Museu de Aveiro .....	9
Figura 2 – Exemplo de museu no mundo virtual, Museu Calouste Gulbenkian ..	10
Figura 3 – Exemplo de Panorâmica 360° do Museu Imperial .....	11
Figura 4 – Exemplo de Museu VRML .....	12
Figura 5 – Exemplo de Museu 3D construído em Unity .....	12
Figura 6 – Foto da reconstrução do Claustro do Museu .....	16
Figura 7 – Refeitório do Convento .....	17
Figura 8 – Acesso ao Claustro do Museu de Aveiro .....	19
Figura 9 – Claustro do Convento de Jesus (Aveiro).....	19
Figura 10 - Exemplo de <i>scanner 3D</i> usado para digitalização 3D de objetos.....	21
Figura 11 – Digitalização 3d efetuada pelo dispositivo <i>Microsoft Kinect</i> .....	21
Figura 12 – Foto original (esquerda), Objeto digitalizado com malha visível (Centro), Objeto digitalizado com textura (Direita) .....	21
Figura 13 – Museu Virtual RTP .....	31
Figura 14 – Museu Virtual Aristides de Sousa Mendes .....	32
Figura 15 – Museu Virtual IGP .....	33
Figura 16 – Museu Nacional dos Coches .....	34
Figura 17 – Menu Principal da aplicação Web Museu Coleção Berardo.....	35
Figura 18 – Interior do Museu Berardo .....	36

Figura 19 – Reconstrução infográfica da Cidade Romana de Conimbriga por Eduardo Barragán.....	37
Figura 20 – Obra “The Night Watch” (1942), pormenor de um olho (ampliação máxima).....	38
Figura 21 – Museu Virtual do Iraque .....	39
Figura 22 – Museu Virtual Louvre .....	40
Figura 23 – (Museu Virtual Valentino Garavani) Ecrã Principal da aplicação (esquerda), Galeria de vídeos interativos (direita).....	41
Figura 24 – Exposição virtual “RAINWOOD PRODUCTIONS” (Eli Maier & Alexandra Leroy).....	42
Figura 25 – Panorama 360° .....	43
Figura 26 – Disposição das plantas usadas para a reconstrução do Claustro .....	45
Figura 27 – Coluna piso superior (esquerda) e Coluna piso inferior (direita) em modo render e <i>wireframe</i> .....	46
Figura 28 – Silhuetas e geometria numa esfera .....	47
Figura 29 – Tipos de <i>Shading</i> .....	47
Figura 30 – Objeto em <i>flat shading</i> (esquerda), <i>Smooth shading</i> global (centro) e <i>smooth shading</i> com arestas definidas como <i>Sharp</i> (direita) .....	48
Figura 31 – Coluna <i>Lowpoly</i> (esquerda), Coluna <i>Highpoly</i> (direita) e alguns pormenores ilustrados lado a lado .....	49
Figura 32 – Porta do Claustro com dupla simetria .....	50
Figura 33 – Teste de silhuetas aplicado em arcos com diferentes iterações.....	51
Figura 34- Uv unwrap de um Cubo .....	52
Figura 35 - Exemplo de textura <i>UV</i> e difusa de uma Porta com simetria no eixo do X e Y.....	53
Figura 36 – Pedra do Claustro mapeada com textura <i>Color Grid</i> .....	54
Figura 37 – Textura difusa multiplicada pela textura de <i>ambient occlusion</i> e o resultado final .....	56
Figura 38 – Textura repetível de pedra (esquerda), objeto com repetição de textura .....	56
Figura 39 – Textura difusa mais textura especular no canal <i>alpha</i> .....	57
Figura 40 – <i>Plugin xNormal</i> para o <i>software Photoshop</i> .....	58

Figura 41 – Coluna <i>lowpoly</i> (esquerda), coluna <i>highpoly</i> (centro) e coluna <i>lowpoly</i> com textura normal aplicada.....	59
Figura 42 – Teste de <i>Lightmap</i> (Tempo de render: 5 horas) .....	60
Figura 43 – Exemplo de foco no plano de fundo e proximidade.....	61
Figura 44 – Efeito de <i>Bloom</i> com <i>Anamorphic Lens Flares</i> azul.....	62
Figura 45 – Exemplo de efeito <i>Vignette</i> .....	62
Figura 46 – Exemplo de efeito <i>Antialiasing</i> .....	62
Figura 47 - Fragmentação de resoluções de dispositivos moveis Android .....	63
Figura 48 – Ecrã Principal da Aplicação da Visita Virtual.....	65
Figura 49 – Ecrã de <i>Loading</i> da aplicação.....	66
Figura 50 – Interface Gráfico para visualização de informação adicional sobre os objetos do Museu.....	67

## 1. Introdução

A realidade virtual pode ajudar os museus a superar uma série de limitações que enfrentam (Lepouras et al. 2001). Permitindo que exposições cuja dificuldade de exposição seja grande, devido à falta de espaço, fragilidade ou necessidade de tratamento especial tenham um espaço permanentemente visitável (Lepouras, Vassilakis 2004). Também permite nos casos em que existe uma necessidade de visualização de ambientes, objetos ou construções que já não são possíveis de visitar fisicamente uma permanente e lúdica visita (Sideris and Roussou 2002). Coadjuvada da realidade virtual a realidade dos motores gráficos 3D de Jogos permite uma visualização e implementação mais abrangente. Esta visualização proporcionada pela maioria dos motores gráficos de jogos pode ser usada para auxiliar os utilizadores a adquirirem uma percepção melhor do conteúdo das exposições num ambiente virtual controlado (Morar et al.2002).

A ideia de utilizar motores de jogo para aplicações não é nova. Freudenberg et al. (2001) desenvolveram o CVR (Computer-Visualistik-Raum), uma experiência de Realidade Virtual em que é feita a reconstrução de um edifício apresentada na exposição "*Otto the Great, Magdeburg and Europe*" sob a forma de uma projeção numa sala esférica usando o motor de um jogo em tempo real, no museu da História Cultural em Magdeburg em 2001. Chao (2001) propõe um outro motor gráfico para uso como gerenciador visual de processos de gestão. Bylund and Espinosza (2001) usam *Quake III*, um outro motor de jogo para simular e agregar informação relativa a uma variedade enorme de sensores com sucesso. Cavazza (2002) implementa num motor de jogo uma narrativa dinâmica interativa. Spalter et al. (2000) Apresenta as dificuldades encontradas na criação de um projeto educacional onde pretendia apresentar conteúdos abstratos de difícil compreensão através de uma forma interativa recorrendo a ambientes de realidade virtual imersiva. Jacobsen (2003) propôs a implementação de extensões ao reconhecido motor de jogo *Unreal Tournament* para se obter uma imagem imersiva (i.e. todo o campo visual do utilizador é ocupado pela visualização), depois de em 2002 (Lewis and Jacobson 2002) ter feito a implementação armazenamento de objetos numa base de dados para imediata visualização usando também um motor gráfico de um jogo.

Os motores de jogo são uma ferramenta fundamental na criação de experiências interativas, podem ser usados para as mais diversas aplicações, incluindo visitas virtuais museológicas e visualização de artefactos.

Inserido no âmbito de espaços museológicos, este projeto tem como principal objetivo a dinamização cultural do Museu de Aveiro através de uma aplicação interativa 3D, que permite ao utilizador navegar virtualmente pelos Claustros do antigo convento, através do uso de um motor de jogo. Será uma recriação virtual, conseguida através de um restauro virtual cuidado do espaço físico, que irá acrescentar um carácter histórico e lúdico a esta "*viagem*". O estudo realizado pressupõe o levantamento de textos descritivos e fotos, que possam permitir, de alguma forma, contribuir para a recriação deste espaço de forma credível, nomeadamente a disposição de vários objetos, inexistentes à data, no museu ou a estrutura de azulejos que foi alterada ao longo dos anos e que será restaurada virtualmente recorrendo a técnicas museológicas capazes de recriar e reproduzir os objetos de forma precisa e de acordo com as referências existentes.

Numa sociedade avançada tecnologicamente é importante que as instituições culturais, nomeadamente museus, apostem em novas formas de cativarem e atraírem novos visitantes. Um das formas mais eficazes é recorrer a novas tecnologias, de modo a complementar o espaço museológico. Ao mesmo tempo é imperativo dinamizar a sua forma de comunicação na web, plataforma cada vez mais usada de forma mais interativa, acrescentando assim mais-valias em relação ao seu espaço atual e permitindo um maior contacto entre o museu e o visitante. É neste sentido que este projeto tem como objetivo contribuir para as atividades de divulgação do Museu de Aveiro, cativando de igual forma visitantes ao espaço existente.

Todo o processo de criação da aplicação depende da análise de documentos e fotos dos claustros do museu de Aveiro.

### **1.1. Finalidade do projeto**

Na essência deste projeto encontra-se a necessidade de criar uma simbiose entre o museu físico e a sua recriação virtual, bem como, facilitar a contextualização histórica do espaço e da sua importância para o museu. Pretende também mostrar que o museu aposta nas novas tecnologias para promover o seu espaço e contempla a inovação apostando em tecnologias que, cada vez mais imperam na nossa sociedade. A aplicação terá a capacidade de instruir o utilizador de uma forma dinâmica durante a "*viagem*", permitindo uma visualização pormenorizada de todos os detalhes visíveis nos claustros, possibilitando de

igual forma uma primeira interação entre o futuro visitante e o espaço. Esta interação poderá revelar-se futuramente vantajosa ao permitir que o visitante reconheça o espaço de forma autónoma e sem dificuldades, usufruindo de uma experiência mais concreta e integrada. Ao mesmo tempo, o projeto permite a pessoas que não tenham a possibilidade de se deslocarem ao museu que o visitem e usufruam de um espaço virtual único: no tempo e no espaço.

## **1.2. Objetivo Geral**

Dinamizar e restaurar digitalmente o claustro do Museu de Aveiro através da criação de visitas virtuais 3D interativas.

## **1.3. Objetivo Específico**

Este projeto inicia com a análise documental de fotografias e textos descritivos do Claustro do Museu de Aveiro, de forma a reconstruir histórica e fisicamente o espaço do Claustro do Museu de Aveiro.

Tem também como base a criação e restauro do espaço físico do Claustro através de diversas ferramentas de manipulação e criação de espaços tridimensionais que iram resultar na elaboração de uma aplicação 3D interativa disponível na página web do Museu. O protótipo irá dispor de informação adicional ao espaço tridimensional que será apresentada de forma interativa e irá suplementar a vertente visual do projeto.

É também um objetivo testar e otimizar o protótipo durante as várias fases de desenvolvimento, até a sua versão final, tornando-a o mais acessível ao público.

Por fim, criar uma versão da aplicação otimizada para dispositivos móveis.

## **1.4. Metodologia**

Numa primeira fase será elaborada uma análise documental de livros que relatem pormenores do espaço e condições, informação essa que, também poderá ser obtida, e é perceptível, em imagens que constam no próprio museu de Aveiro. Nesta secção do trabalho, será importante uma análise detalhada, cuidada e minuciosa do ambiente existente à época.

Após uma análise de alguns destes documentos, poderá existir uma impossibilidade de criar digitalmente alguns dos objetos que existiam na altura por falta de referências descritivas. Essa impossibilidade deverá ser colmatada com a adição de elementos o mais próximo temporalmente quanto possível e em caso de dificuldades, uma reconstrução ou reabilitação dos elementos de forma o mais correta possível. Após a estruturação desta primeira fase proceder-se-á à construção do protótipo usando as plantas originais dos claustros do museu de Aveiro, intercaladas com fotos de referência da época, cedidas gentilmente pela própria instituição, bem como ilustrações contidas em livros. Esta fase representa uma das fases mais importantes pois a forma como a poligonização será definida irá condicionar a velocidade com que a aplicação poderá ser executada, podendo também levantar questões de usabilidade reduzida. Este assunto será desenvolvido e explicado no capítulo 4 com maior detalhe para que fique clara a forma de construção e estruturação do espaço dos claustros do museu de Aveiro.

Seguir-se-á, o restauro do espaço através de texturização e reestruturação de objetos. Nesta fase, analisaremos padrões de revestimentos estruturais (Ex: azulejos, recobrimento com argamassas, madeira) à procura de padrões repetíveis em bom estado de conservação que sejam passíveis de ser reproduzidos em matriz, e mais uma vez, literatura que faça referência à época com a faculdade de ser usada como base para restauros.

O obtido das segmentações anteriores será um restauro de todos os elementos individuais passíveis de serem reconstruídos. O objetivo, com todos os elementos restaurados será unir os elementos todas, de forma a criar a aplicação 3D, com o auxílio de um motor gráfico de jogos capaz de replicar a ambiência e a realidade vivida à época. É nesta fase que criaremos o protótipo juntamente com as primeiras ferramentas de interação com o utilizador e explorar as possibilidades/limitações da visita.

Para finalizar, iremos recorrer a alguns testes, de forma a otimizar a experiência e melhorar a interação com o utilizador.

## **1.5. Estrutura da dissertação**

No **CAPÍTULO 2 Enquadramento teórico**, apresentamos as definições, origem dos Museus tradicionais e virtuais, com mais realce para a vertente virtual com apresentação das suas vantagens e desvantagens. Ainda neste capítulo apresentamos uma breve história do Museu de Aveiro. No **CAPÍTULO 3 Estado de Arte** fazemos a análise

de varias ferramentas de manipulação 3D, Motores gráficos, espaços museológicos nacionais e internacionais, bem como uma análise comparativas das várias características dos Motores de jogo.

No **CAPÍTULO 4 Implementação do Protótipo** descrevemos todas as fases de elaboração da aplicação desde de a pré-produção, modelação, mapeamento, criação e conversão de texturas, criação de *lightmaps*, pós-produção, conversão para plataforma móvel até a criação e implementação do interface gráfico e opções interativas.

Por fim no **CAPÍTULO 6 Conclusões** revemos os objetivos iniciais do projeto, analisamos as limitações da própria implementação, passando ainda pelo contributo para a área e as perfectivas futuras de investigação.

## **2. Enquadramento Teórico**

Neste capítulo, serão abordas as definições de Museus Tradicionais e Virtuais de forma a contextualizar a temática referida neste trabalho.

### **2.1. Museus Tradicionais**

O museu é, de acordo com o Internacional Council of Museums (ICOM, 2001), uma instituição intemporal, sem fins lucrativos, que deverá estar sempre ao serviço dos cidadãos e que conserva, investiga, adquire e difunde testemunhos reais de objetos e materiais que o Homem utilizava, com um propósito educacional e de divertimento para a sociedade.

Os museus são instituições com um papel peculiar na nossa sociedade que, devido à sua missão em recolher, estudar, conservar e divulgar o património cultural, podem ser entendidas como guardiãs de património, memória e de história (Baião, 2009).

A noção de Museu remeta á Antiguidade, aos Reis do Império Neo-babilónico que entre os séculos VI e VII a.C., que institucionalizaram coleções criadas com o objetivo de demonstrar riqueza e simbolizar o poder soberano. Na Grécia clássica, as coleções ainda estavam relacionadas ao prestígio, mas possuíam uma conotação religiosa, já que cada cidade grega guardava num santuário “tesouros” inacessíveis. Da mesma forma a Roma



antiga desenvolve o gosto de colecionar a partir de uma admiração da cultura grega (Soares, 2008).

Em Portugal, durante o período de direção do Museu Nacional de Arte Antiga (MNAA), de 1938 a 1964, ou seja, durante grande parte do período histórico-político do "Estado Novo", João Couto, toma iniciativas e ações de educação nos museus dos anos 20 aos anos 30 do séc. XX, considerando desde então a educação, uma área profissional específica da museologia (Costa, 2011). Esta linha de pensamento e atuação dos museus na educação em Portugal sofrerá uma expansão, alargamento e difusão, no panorama museológico nacional, até ao final dos anos 60 e 70. Neste contexto, assinala-se o impulso dado por João Couto à formação dos profissionais dos museus, conservadores e monitores, às reuniões dos profissionais dos museus, e, ainda, à projeção internacional do MNAA e do trabalho museológico em Portugal (Costa, 2011).

## **2.2. Museus Virtuais**

Os Museus estão numa posição única pois conseguem registar a história da comunicação humana e também usá-la em benefício próprio e tirar vantagem do conhecimento e respetiva interação com o passado e presente (Bowen, 2010).

A partir dos anos 90, muitos artistas começaram a explorar a internet como meio de expressão artística, os trabalhos resultaram numa fusão da arte-comunicação, desenvolvida nos anos 1980 com o meio digital (Telma, 2008).

A evolução tecnológica e a rápida expansão da internet têm modificado a forma como as pessoas comunicam e interagem umas com as outras. O mesmo acontece em relação aos elementos físicos dos quais se destacam objetos e edifícios. Ao serem transpostos para o elemento virtual, através de digitalizações, fotografia, representações 3D, começam a ganhar uma simbologia digital que se transforma e divulga como meio de cultura e conhecimento eficiente e profícuo. Os museus não são exceção a estas mudanças, abarcando uma evolução que decorre naturalmente da inserção de novas tecnologias no quotidiano das pessoas, começando assim a revelar uma certa abertura para a representação dos elementos físicos que se encontram expostos de uma forma virtual.

Segundo Coelho (2010) existem várias formas de definir um museu virtual, podendo ser apresentado:

1. Como uma página de internet com ligações internas e interatividade limitada, limitando a visualização a um seguimento de *links* e a uma estrutura previamente definida, sem que exista possibilidade de a alterar e recorrendo apenas a técnicas 2D como fotografia ou representações esquemáticas.
2. Uma junção de várias imagens 360° do espaço físico, criando assim uma visita definida por pontos em que, em cada ponto existe uma visualização a 360° do ambiente circundante, sem contudo haver interatividade entre os objetos e o utilizador ou entre ambiente e utilizador. Esta forma baseia-se também em representações 2D.
3. Museus virtuais 3D, em que todos os objetos são representados por malhas e existe uma interatividade e uma liberdade de utilização que permite ver o espaço e os objetos de outro pontos de vista que não o pré-definido em esquemas e fotografias.

Os museus virtuais permitem também uma larga difusão dos conteúdos e informação (que pode evoluir em termos de densidade de informação em níveis progressivos de “saber mais”) e abranger ou captar novos públicos, entre os quais os mais jovens por via das novas tec a que tanto aderem - hoje os museus podem e devem chegar a eles usando instrumentos e meios novos e cativantes.

Apesar das diferentes designações para museu virtual (museu eletrónico, museu online, museu digital, museu hipermédia, museu web, meta museu, museu 3D), o principal conceito subjacente a este termo é o de transformar objetos autênticos em representações digitais (Sousa, 2011).

Na atualidade, a noção de “museu virtual” tem sido frequentemente invocada nas discussões de cibercultura, que perdeu o seu valor enquanto novidade. A lista de *websites*, supostamente, sob esta categoria é longa e continua a crescer, baseando-se maioritariamente nos primeiros 2 tipos de museu apresentados. A pesquisa da palavra “museu virtual” no Google, atingiu mais de 141,000 acessos (Huhtamo, 2002).

A sua evolução surge das limitações do próprio espaço físico. Os museus tradicionais apresentam os seus objetos em espaços que estão limitados do ponto de vista de acesso, audiência máxima, localização geográfica e horários. Todas estas limitações são ultrapassadas na sua versão digital.

É uma instituição que repercute o reflexo dos processos de globalização, da emergência do multiculturalismo. O uso destas novas tecnologias pode provocar no

visitante a passagem de um estado de compreensão parcial dos temas e conceitos apresentados a uma compreensão mais holística (Sousa, 2011).

A seguinte tabela ilustra a origem e conceção dos “museus virtuais”.

Ano	Nome	Meio de Distribuição	Características e conceitos envolvidos
1960's	<i>Xanadu</i>	<i>Online</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trabalho desenvolvido na criação do Hipertexto, por <i>Ted Nelson</i>.</li> <li>Primeiras especificações das implicações culturais do uso do Hipertexto.</li> </ul>
Início de da década de 90	<i>Virtual Museum</i>	<i>Offline (CD-ROM)</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>O “<i>Virtual Museum</i>” como demonstração da tecnologia da <i>Apple Quick Time VR</i>, na <i>Siggraph 92</i>.</li> <li>O “<i>Virtual Museum</i>” permitia aos visitantes navegar num sistema aproximado ao 3D de 3 espaços de um museu, fazendo uso de um rato</li> </ul>
1991	<i>The Museum Inside the Telephone Network</i>	<i>Online</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Exposição organizada pelo projeto <i>Inter Communication Center</i> (empresa de telecomunicações Japonesa <i>NTT</i>)</li> <li>A exposição só esteve acessível a utilizadores doméstico através de linha telefónica, fax, e de um grupo restrito de computadores, uma vez que o acesso à internet ainda não estava disponível a utilizadores domésticos no Japão</li> </ul>
1992	<i>Cave Automatic Virtual Environment (CAVE)</i>	<i>Offline</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ambiente imersivo de realidade virtual constituído por um espaço fechado e por ecrãs de retro projecção e respetivos projetores de alta definição, que criam o espaço virtual</li> </ul>
1995	<i>The Museum Inside the Network</i>	<i>Online</i>	Versão melhorada do projeto <i>The Museum Inside the Telephone Network</i>

**Tabela 1 – Adaptado de Sousa (2010), Evolução histórica dos museus virtuais**

Em relação ao uso da Internet pelos museus, os primeiros debates surgiram em 1997 quando se realizou em Los Angeles, na Califórnia, a primeira conferência sobre museus e Internet. Chamadas de *Museums and Web*, estas conferências são realizadas anualmente nos Estados Unidos ou Canadá e têm como objetivo reunir os profissionais dos museus, principalmente aqueles ligados às áreas de novas tecnologias, para discutir as questões pertinentes relativas ao uso da Internet pelos museus (Henriques, 2004).

Na Europa realizam-se também várias conferências na área da museologia onde se destaca a *MuseumNext* que é uma grande conferência em inovação e tecnologia em museus. A *MuseumNext* atrai delegados de todo o mundo e a conferência oferece uma oportunidade única de interagir com aqueles moldar o futuro dos museus.<sup>1</sup>

### 2.3. Tipos de Museus Virtuais

<sup>1</sup> Fonte: <http://www.museumnext.org/about/>, acessido a 16 de Junho de 2013

Existem várias formas de representar os museus na internet. Neste tópico vamos abordar alguns dos diferentes tipos de representações que existem na internet e os seus prós e contras.

Um dos tipos mais usuais de museus virtuais é o “*folheto eletrónico*”, que não é mais que, uma brochura disponível numa página de internet, este tipo de informação está limitada à informação dos próprios museus e não apresenta qualquer tipo de interatividade com o utilizador. Contem apenas algumas imagens do espaço e das obras temporárias ou perenes que o museu possui, com breves informações descritivas do espaço e dos objetos em causa. Este género de comunicação, torna a experiência de navegação extremamente monótona e limitada para um utilizador comum da internet, o que faz com que este tipo de museu virtual tenha caído em desuso nos últimos anos.

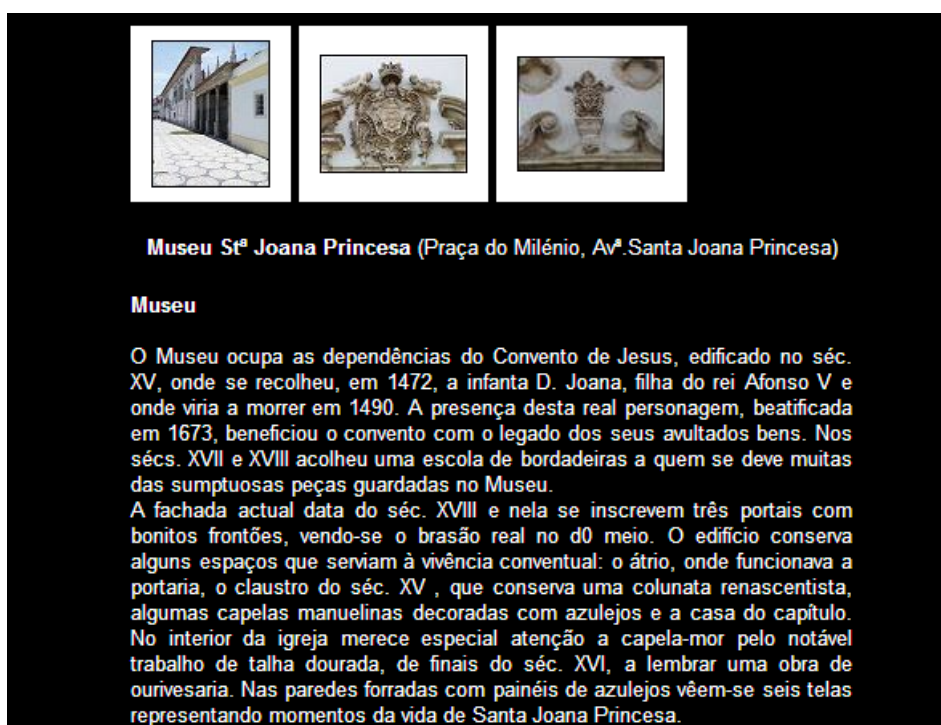


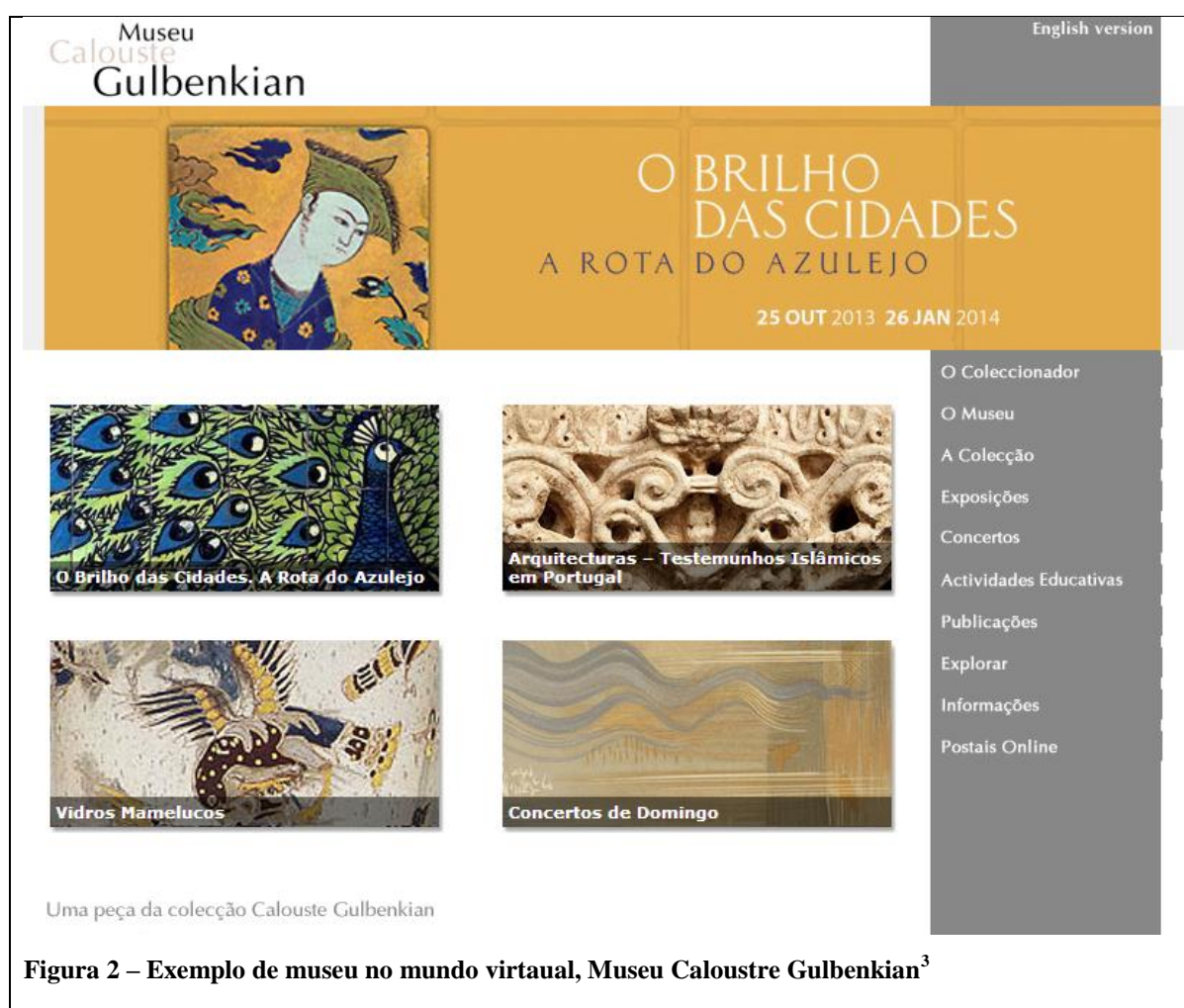
Figura 1 – Exemplo de Folheto eletrónico do Museu de Aveiro <sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> Fonte: <http://www.av.it.pt/aveirocidade/pt/monumentos/monu10.htm>, acessado a 13 de Junho de 2013

“No caso Português, por exemplo, a Rede Portuguesa de Museus contém 125 museus portugueses, e esta serve de exemplo para este tipo de Museus Virtuais.” (Coelho, 2010).

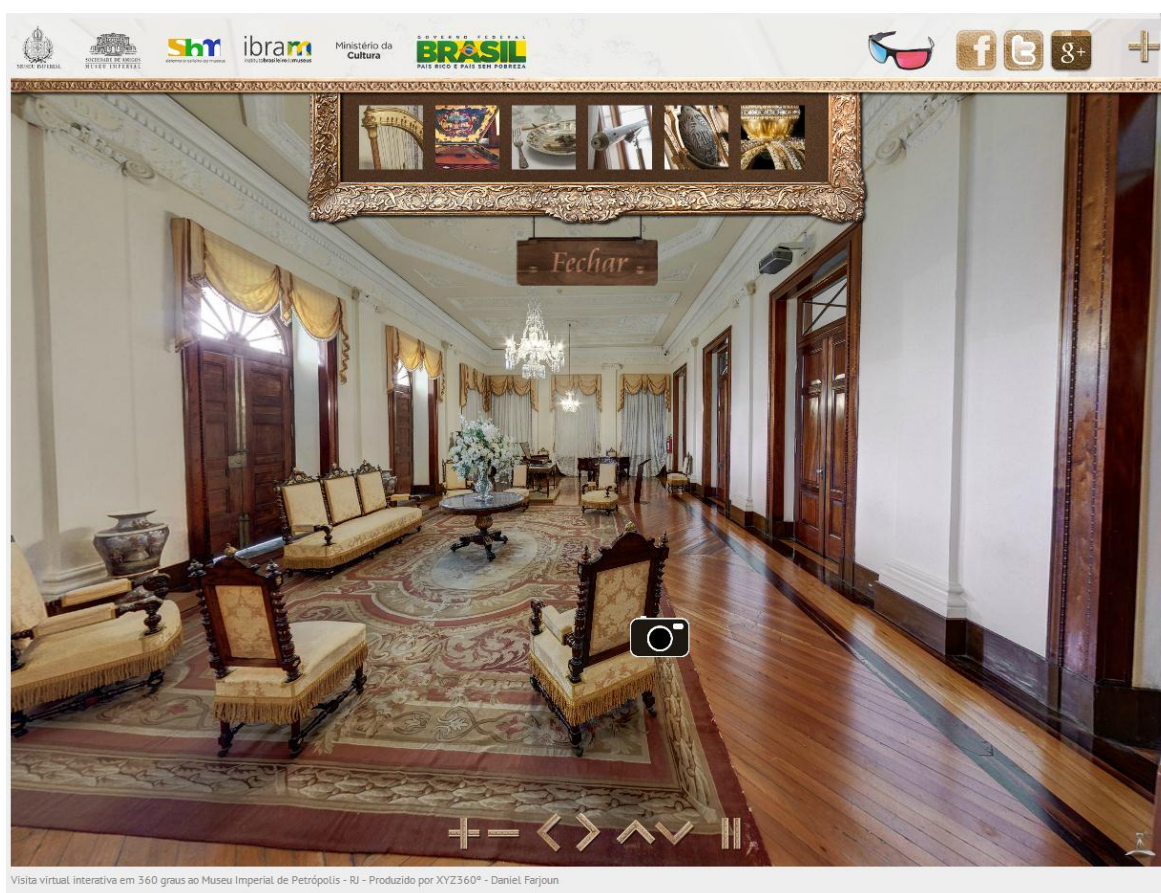
Outro tipo de representação é o “*museu no mundo virtual*”, ou “*museus de conteúdo*”, este apresenta maior nível de interatividade, porque possui ligações para redes externas e informações suplementares em relação aos folhetos eletrónicos. Este modelo evidencia algumas vantagens, no sentido de que permite ver e analisar exposições que já não se encontram no museu físico, permitindo de igual modo visualizar as futuras exposições, conjugando deste modo o passado e o futuro, em situações similares



Por último, devido à evolução tecnológica, surge um novo tipo de museus virtuais, os “museus realmente interativos”, este pode representar o espaço físico dos Museus

<sup>3</sup> Fonte: <http://www.museu.gulbenkian.pt/main.asp?lang=pt>, acedido a 18 de Junho de 2013

tradicionais, bem como complementá-los, pois estes possuem uma interatividade superior a todos os modelos anteriormente referidos. Ainda assim, existe uma variedade imensa de tecnologias que podemos usar para a sua construção, que é proporcional à adesão e nível de imersão que o visitante poderá ter. Entre eles podemos discriminar os tipos mais comuns, as viagens panorâmicas 360°, em que o utilizador pode observar o museu real, de um ponto de vista e saltar para outro progressivamente. Este tipo tem a vantagem de ser uma representação fotográfica do original, mas as possibilidades de interação e disponibilização de informação são muito limitadas.



**Figura 3 – Exemplo de Panorâmica 360° do Museu Imperial<sup>4</sup>**

Em termos de modelos 3D, inicialmente, começaram a ser construídos através de VRML (*Virtual Reality Modeling Language*), tendo esta linguagem sido construída para a representação de objetos 3D na internet, o que a torna independente de sistema operativo e

<sup>4</sup> Fonte: <http://danielfarjoun.com/blog/2013/01/17/tour-virtual-360-graus-museu-imperial-de-petropolis/>, acessido a 16 de Junho de 2013

sendo utilizada através de *browsers*. As suas capacidades do ponto de vista gráfico, são hoje em dia obsoletas e caiu em desuso com os novos motores gráficos baseados em Java e por plug-ins como *Unity 3D* ou *Flash*. Estes últimos vieram de revolucionar a forma como é possível representar espaços em *3D*, contêm praticamente todas as possibilidades de interação de um jogo de computador, mas podem ser disponibilizadas diretamente na página *Web*, devido a grande evolução das ligações de internet e capacidade de processamento dos computadores.



Figura 4 – Exemplo de Museu VRML <sup>5</sup>

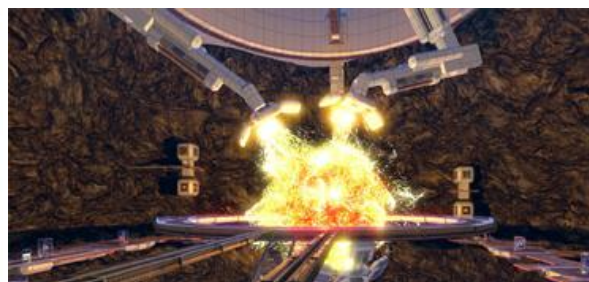


Figura 5 – Exemplo de Museu 3D construído em Unity <sup>6</sup>

## 2.4. Vantagens e desvantagens dos Museus Virtuais

Existem inúmeras vantagens associadas a uma visita virtual, no entanto durante o período de investigação, deparamo-nos com varias desvantagens que devem também ser tidas em conta na elaboração do atual trabalho. O presente tópico ira discriminar ambas as vantagens e desvantagens relativas as visitas virtuais.

### 2.4.1. Vantagens

Os Museus restaurados digitalmente podem preservar as coleções de artefactos e proporcionar uma experiência atraente e cativante para os visitantes virtuais bem como divulgar informação cultural. Além disso, os museus virtuais são benéficos para os utilizadores do museu, porque eles fornecem uma ajuda significativa para a educação e entretenimento. Os museus virtuais facilitam também o acesso às exposições do museu e prestam assistência à pesquisa de estudantes e especialistas. (Sylaiou, 2005)

---

<sup>5</sup> Fonte: <http://www.lastplace.com/ArtPortrait/pygoya.htm>, acedido a 12 de Junho de 2013

<sup>6</sup> Fonte: <http://rustltd.com/projects/the-museum-of-the-microstar>, acedido a 16 de Junho de 2013

A forma como as visitas virtuais são construídas possibilita a visualização de informação adicional sobre os artefactos que dificilmente pode ser reproduzida num museu tradicional. O mesmo acontece em relação a proximidade e visualização de detalhe de um objeto, em certas exposições o artefacto está isolado numa caixa de vidro e pode ainda ser obrigatório manter uma distância de segurança, o que não acontece nas exposições virtuais.

A preservação do património cultural está hoje em dia ligada a digitalização tridimensional e as novas tecnologias ajudam também a preservar o artefacto físico.

Sylaiou (2007) refere que a salvaguarda eficaz de artefactos culturais pode ser conseguida através do uso de avanços tecnológicos, por meio da comparação de diferentes imagens ao longo do tempo para monitorizar a sua conservação. Para além disso, as novas tecnologias possibilitam maneiras de recriar os artefactos digitalmente que podem ser arquivados em bases de dados e acedidos sempre que necessário.

Uma grande vantagem dos museus virtuais está associada ao seu custo, manutenção e espaço, que ao contrário dos museus tradicionais podem ser atualizados e alterados com relativa facilidade, custos relativamente baixos e sem limite de espaço.

Uma página *Web* de um museu virtual pode fornecer publicidade a nível mundial. Uma pesquisa revelou que 70% das pessoas que visitam um *site* de um museu estariam mais propensos a ir visitar o museu "real". (Sylaiou, 2007)

Um museu digital que indica a informação visual e textual sobre artefactos, fornece um ponto de acesso diário ao museu, permitindo às pessoas entrar e sair do Museu á vontade. Comparando isto a um museu físico é necessário uma quantidade de esforço superior.<sup>7</sup>

A informação pode ser fornecida como parte de um recurso turístico. A informação é normalmente de natureza superficial, mas podem atuar como um folheto informativo para os potenciais visitantes dos museus, incluindo horários, taxas de entrada e indicações. Desde que o conteúdo seja atualizado, esta pode ser uma fonte útil de informação sobre museus para os turistas (Bowen, 2010).

É possível aceder a um museu virtual de qualquer ponto do mundo, a qualquer hora do dia e qualquer localização ou espaço pode ser representado num único local físico, o

---

<sup>7</sup> Fonte: <http://www.online-museum.co.uk/?q=blogs/darloni/what-virtual-museum>, acedido a 3 de Junho de 2013



que potencia uma grande vantagem no caso de pessoas com deficiências e dificuldades de aprendizagem.

Os Museus digitais têm em consideração a necessidade enfatizada pelo Plano de Ação e Recursos para a Deficiência criado pelo *Council of Museums*, Arquivos e Bibliotecas de formas eficientes utilizando de novas tecnologias que permitem o acesso às exposições do museu para todos os grupos de usuários finais, incluindo o acesso virtual para pessoas com deficiência. O uso de interfaces de realidade aumentada são projetados para utilização em computadores caseiros. (Sylaiou, 2007)

#### **2.4.2. Desvantagens**

As novas tecnologias oferecem novas possibilidades no entanto impõe novas restrições. Apesar das vantagens significativas, um museu virtual também apresenta desvantagens. O problema é que os sistemas de gráficos avançados que são utilizados para as reconstruções adotados por museus virtuais podem às vezes ser demasiado realistas. Eles são baseados em evidências parciais, mas sugerem uma impressão de um bom conhecimento do passado. Sistemas de gráficos avançados apresentam a "imagem" como verdadeira, dando a sensação de precisão enganadora. Quando o artefacto reconstruído tem um vários elementos em falta, os cientistas devem usar a sua imaginação ou confiar na informação etno-histórica de casos semelhantes de forma a reconstruí-los. (Sylaiou, 2007)

A reconstrução baseada em informação histórica e pressupostos pode resultar na elaboração de um artefacto impreciso e não representante da realidade.

Ranon refere que a aquisição de modelos 3D, pode ser um processo caro e complexo, se por um lado a construção do objeto usando softwares proprietários é complexo e dispendioso, pelo outro lado a digitalização através de scanners 3D é igualmente cara e obriga a várias operações de edição e simplificação.

De fato os museus virtuais podem até desvalorizar as obras que representam, este caso pode ser facilmente compreendido em artefactos de grandes dimensões ou representações com baixo nível de detalhe e qualidade.

O termo "utilizador" é usado para os visitantes do museu virtual, pois, a fim de obter informações sobre exposições virtuais, os conhecimentos de informática são necessários. Isto significa que o utilizador inexperiente de computador é automaticamente excluídos bem como um grande número de visitantes que poderão encontrar dificuldades

com a instalação de plug-ins e outros *softwares* que são necessários, de forma a obter informações de exposições em museus virtuais (Sylaiou, 2007). Ranon (2005) complementa esta informação afirmando que nem toda a gente está disposta a instalar *softwares* dos quais não tem conhecimento.

Os interfaces 3D podem ser pouco intuitivos se não forem projetados corretamente, relativamente aos controlos usados, o utilizador pode ter dificuldades em deslocar-se de forma eficaz no mundo virtual, podendo inclusivamente ficar preso em cantos. Estes utilizadores podem também abandonar os seus objetivos/interesses devido a frustração sentida pelo seu fraco desempenho nas tarefas mais básicas. (Ranon, 2005)

## **2.5. Museu de Aveiro**

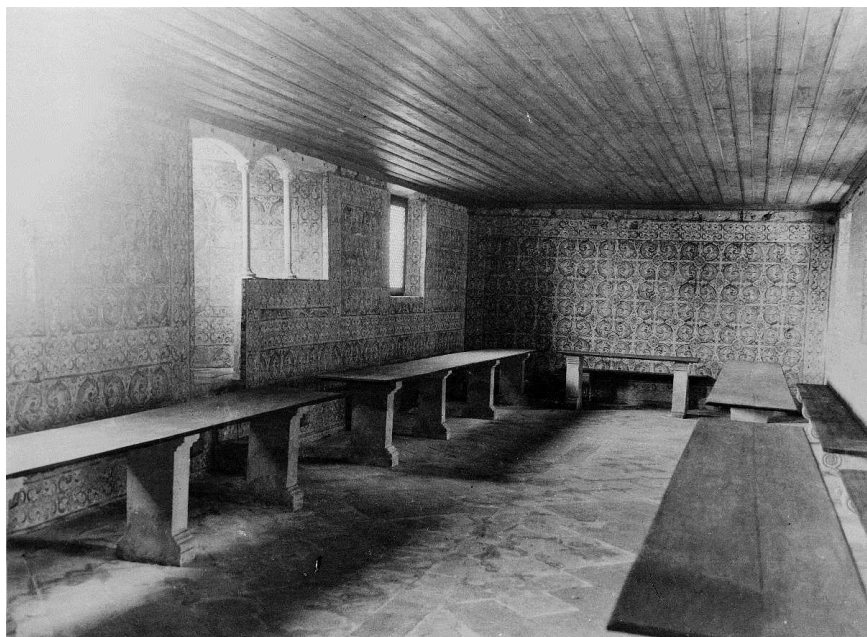
O Museu foi fundado em 1911, com o intuito de abrigar peças de arte recolhidas em casas e comunidades religiosas, encerradas com a extinção das Ordens religiosas, incluindo as originárias do próprio convento de Jesus (Lacerda, 2013).

Remonta a 1458 como modesta reclusão inserido num convento feminino, onde, teve importância especial a presença da Princesa D. Joana, filha do Rei D. Afonso V. A influência deste monarca levou ao engrandecimento do mosteiro prolongando-se por três séculos o período áureo. Terá sofrido também neste período sucessivas reformas, construções e reconstruções (Portal d'Aveiro, 2013).



**Figura 6 – Foto da reconstrução do Claustro do Museu**

Dispõe de uma igreja no interior: a igreja de Jesus. Esta igreja é caracterizada pela sua rica talha dourada e azulejos, considerada um exemplo paradigmático do barroco Nacional (Gonçalves, 1960), anexa à qual, no coro de baixo se encontra o distinto túmulo da Princesa D. Joana. Este túmulo é por muitos considerado uma obra-prima do barroco e foi patrocinado pelo Rei D. Pedro II que incumbiu o arquiteto régio João Antunes do respetivo traço. Integradas no Museu encontram-se também algumas estruturas conventuais, como um claustro que será alvo de estudo neste trabalho, um refeitório cujas paredes se revestem ricamente a vistosos azulejos e uma graciosa e eclética tribuna de leitura.



**Figura 7 – Refeitório do Convento**

Outros elementos presentes no museu são uma importante coleção de arte barroca portuguesa dos séculos XVII e XVIII, elementos esculturais, ourivesaria variada e elementos de índole religiosa como talha dourada ou paramentaria. Encontra-se também pinturas históricas, realizadas entre o século XV e o século XVIII com especial relevo para a pintura da princesa que dá nome ao museu: a Princesa Santa Joana (Portal d’Aveiro, 2013).

### **2.5.1. De Convento a Museu**

Em 1458 D. Brites Leitoa e D. Mécia Pereira iniciam, com a ajuda de Frei João de Guimarães, as diligências necessárias para a fundação de um convento da Ordem Dominicana feminina, o que viria a ser o Convento de Jesus de Aveiro, sendo um dos mais antigos da então vila, hoje cidade. No entanto o início de atividade e a oficialização da constituição do convento só é confirmada em 1461 pelo Papa Pio II, concedendo-lhe a bula, sendo iniciada a construção da Igreja no ano de 1462 pelo regente na época o rei D. Afonso V. Pouco tempo após o início da construção da Igreja, em 1472, a Princesa Infanta D. Joana filha do patrono do convento ingressa no mesmo deixando um legado da maior importância na história e prestígio quer deste convento quer da própria vila/cidade.

Entre 1500 e 1800 o convento sofreu múltiplas alterações por variadas razões entre as quais se salienta inúmeras obras de ampliação, melhoramentos e enriquecimentos,

adaptando-se às novas exigências que o crescimento da comunidade impunha e atualizando esteticamente os seus espaços mais preciosos (igreja, capelas, coros, etc.) (Gonçalves, 1959).

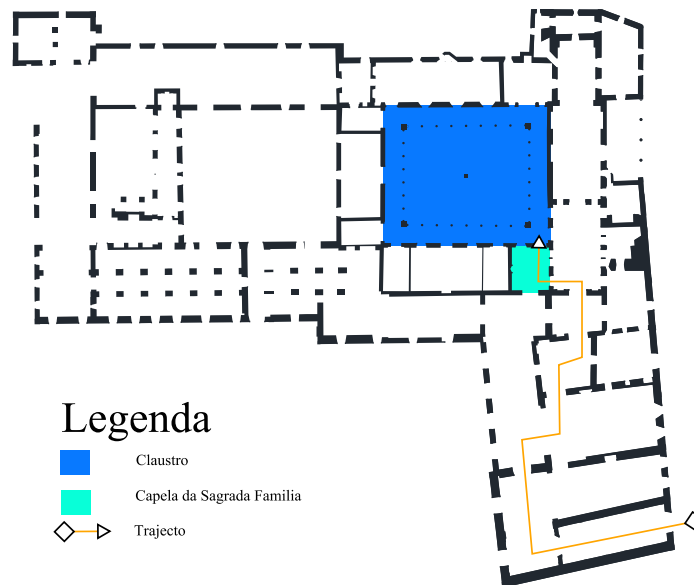
Durante o século XIX, sob o reinado de Pedro IV de Portugal, dá-se a extinção das ordens religiosas no reino de Portugal por decreto de 1834, devido aos ideais liberais. Esta deliberação é aplicada de imediato a conventos masculinos no entanto para ordens religiosas femininas ficou regulada já só em 1862 sendo permitida a clausura até ao óbito da última religiosa (ANTT, 2013) o que ocorre em 1874. Em 1910 o mosteiro é fechado e lacrado, e a Igreja de Jesus é classificada como monumento nacional, sendo no ano seguinte instalado no antigo Convento de Jesus o Museu de Aveiro e legislado e certificado a partir de 1912.

### **2.5.2. Claustro**

No percurso de acesso aos claustros existem duas salas que importa realçar: o Coro Baixo e a Capela da Sagrada família.

No coro baixo é possível encontrar o túmulo da Princesa Santa Joana que aqui pediu para ser sepultada em campa rasa. Após a beatificação, e devido à elevada devoção de que era alvo as religiosas dominicanas pedem um novo sepulcro. O sepulcro obtido resulta de um minucioso trabalho de embutidos, de mármore policromos, também aplicados no pavimento e paredes. O coro marca o limite da clausura.

Lateral ao coro baixo, a capela da sagrada família, cujo acesso é feito através de um arco em pedra calcária renascentista. Forrada a azulejos do séc. XVII acolheu, em tempos, um retábulo em talha com as imagens da Sagrada Família, hoje substituído por um nicho em talha dourada do denominado barroco Pedrino (1675-1705). Fruto de várias intervenções no séc. XX, a sua função original de capela foi desvirtuada.



**Figura 8 – Acesso ao Claustro do Museu de Aveiro**

O claustro, devido à sua importante função dá acesso a ambas as salas do capítulo, ao refeitório, à sala do lavabo, ao coro baixo e ainda às capelas consagradas aos santos de maior devoção, sendo estas das mais ricas e cuidadas. Era aqui que se meditava, orava e lia, se faziam procissões e se enterravam as religiosas. Como tal, este espaço primava pela tranquilidade, disciplina e silêncio. Tem no seu centro um chafariz do séc. XVII, rodeado de bancos revestidos a ricos painéis de azulejos repletos de significado. O obelisco representa Deus, a esfera Cristo e as quatro bicas os quatro Evangelistas que espalharam a palavra de Deus. A água, fonte de vida, confere frescura ao claustro.



**Figura 9 – Claustro do Convento de Jesus (Aveiro)**

### 3. Estado de Arte

No presente tópico serão descritas as várias tecnologias e ferramentas disponíveis para a realização da Visita Virtual ao Museu de Aveiro, bem como os motivos/análise comparativa que levaram cada uma das ferramentas a ser escolhida. Esta temática foca essencialmente os vários *softwares* de construção de conteúdo *3D* e os motores gráficos/de jogo que permitem introduzir interatividade aos objetos construídos bem como a sua visualização em tempo real.

Analisámos também os trabalhos semelhantes realizados no âmbito nacional e internacional.

#### 3.1. Ferramentas de digitalização 3D

Existem varias maneiras de digitalizar objetos físicos em objetos tridimensionais, neste tópico vamos analisar as duas formas mais usuais.

A primeira pressupõe a compra de um *hardware* de digitalização que em norma é muito dispendioso, no entanto tem muita precisão em relação aos restantes métodos. É útil para digitalizações exactas de modelos e gera malhas tridimensionais muito pesadas o que não são indicadas para uso em motores de jogo, no entanto dispositivos como o *GO!SCAN 3D* ilustrado na Figura 10 - Exemplo de *scanner 3D* usado para digitalização *3D* de objetos, foram criados com o intuito de preservação de património.<sup>8</sup>

Uma versão mais económica pode ser o uso de uma camara Kinect que através de uma câmara de filmar e um sensor de profundidade consegue digitalizar qualquer objeto, usando um dos vários *softwares* disponíveis como o *KSCAN 3D* para criar malhas mais simplificadas para uso em aplicações em tempo real ou outros objetivos. No entanto tanto um como o outro processo obriga a edição das malhas e correção de possíveis erros.<sup>9</sup>

---

<sup>8</sup> Fonte: <http://www.goscan3d.com/pt/aplicacoes/preservacao-de-patrimonio>, acedido a 23 de Junho de 2013

<sup>9</sup> Fonte: <http://www.kscan3d.com/how-it-works/>, acedido a 23 de Julho de 2013



Figura 10 - Exemplo de scanner 3D usado para digitalização 3D de objetos<sup>10</sup>



Figura 11 – Digitalização 3d efetuada pelo dispositivo Microsoft Kinect<sup>11</sup>

Uma alternativa para a digitalização de objetos é o *Software* da *AutoDesk 123D Catch*, que através de varias fotos a volta de um objeto gera a geometria juntamente com a textura, no entanto a base (chão ou suporte) do objeto é também digitalizado pelo que obriga sempre a edição do objeto em causa. Esta aplicação está disponível em versão *PC web*, *iPhone* e *iPad*.<sup>12</sup> Efetuamos um teste rápido na versão web do *123D catch*, para analisar as capacidades e possibilidades deste *software* com um objeto simples e pequeno.

A seguinte figura ilustra o resultado obtido usando apenas 19 fotos tiradas com um telemóvel em torno do objeto.

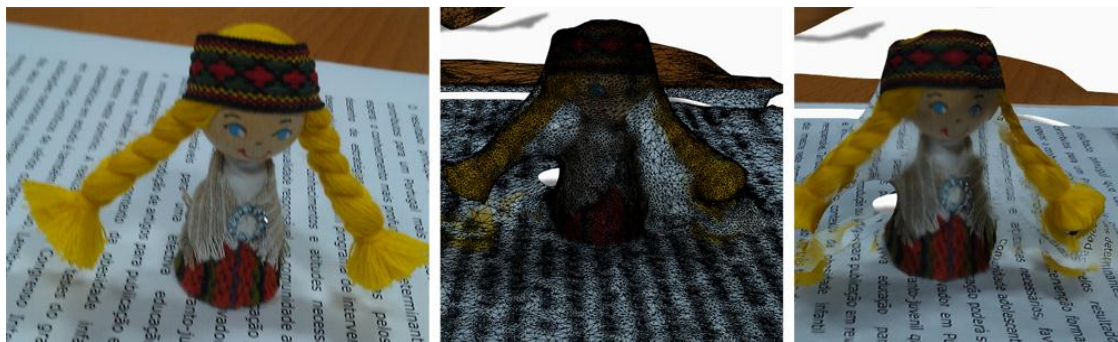


Figura 12 – Foto original (esquerda), Objeto digitalizado com malha visível (Centro), Objeto digitalizado com textura (Direita)<sup>13</sup>

Neste teste foi possível tirar algumas considerações em relação a este género de aplicação. Primeiro o número de fotos necessárias para obter bons resultados e o tempo

<sup>10</sup> Fonte: <http://www.goscan3d.com/pt>, acedido a 23 de Julho de 2013

<sup>11</sup> Fonte: <http://www.jannehansen.com/2012/08/15/kscan3d-kinect-budget-3d-scanning-at-home/>, acedido a 23 de Junho de 2013

<sup>12</sup> Fonte: <http://www.123dapp.com/catch>, acedido a 24 de Junho de 2013

<sup>13</sup> Fonte: <http://apps.123dapp.com/catch/>, acedido a 24 de Junho de 2013



de processamento usado, não compensam para um exemplo tão simples. O objeto não foi totalmente diferenciado da imagem de fundo, pelo que a edição e reparo da geometria seria mais complicado do que a criação do objeto num *software* de modelação. A construção do modelo é feita a partir de fotos tiradas em torno do objeto, o que pode ser uma dificuldade para digitalizar uma parede ou um objeto com acessos condicionados. Ainda assim para esculturas detalhadas, pode ser um bom ponto de partida.

### 3.2. *Software 3D*

Neste tópico fazemos o levantamento dos diversos *softwares* de criação de conteúdo 3D para posteriormente usarmos para construir a geometria do Claustro do Museu de Aveiro.

O *Blender* é um *software* grátis e de código aberto para animação 3D, que suporta todas as ferramentas de produção 3D, ou seja, modelação, animação, simulação, renderização, composição, rastreamento de movimento, edição de vídeo e criação de jogos.

Utilizadores avançados utilizam a *Blender API*<sup>14</sup> para criação de *scripts* em *Python*<sup>15</sup> para customizar a aplicação e criar ferramentas específicas. O *Blender* está bem adaptado para estúdios pequenos ou individuais que beneficiam do seu vasto leque de ferramentas que permitem a criação de qualquer produto 3D do início ao fim.

Para além disso, é também multiplataforma que corre igualmente bem em *Linux*, *Windows* ou *Mac OS*. Ao ser um projeto virado para a comunidade e sob a licença *GPL*<sup>16</sup>, todos os utilizadores podem criar pequenas ou grandes mudanças no código base do *software*, o que leva ao constante aparecimento de novas funcionalidades, correção rápida de “bugs” e melhoramentos na sua usabilidade. Apesar de ser grátis os utilizadores podem investir e promover o seu desenvolvimento.<sup>17</sup>

---

<sup>14</sup> Interface de Programação da Aplicação

<sup>15</sup> Linguagem de Programação de código aberto

<sup>16</sup> GNU General Public License

<sup>17</sup> Fonte: <http://www.blender.org/about/>, acessado a 16 de Maio de 2013

*Maya* é um *software* de animação 3D, que oferece um conjunto de recursos criativos abrangente para a animação de conteúdo 3D, desde a modelação, simulação, renderização e composição numa plataforma de produção otimizada.

Possui também tecnologia de exibição de conteúdo inovadora, bem como métodos de modelagem acelerados e novas ferramentas para a manipulação de dados complexos.<sup>18</sup>

O 3ds Max proporciona uma solução abrangente de modelação, animação, renderização e composição 3D para artistas de jogos, filmes e gráficos em movimento (*motion graphics*). O *3ds Max 2014* (última versão do *software*) tem novas ferramentas para geração de multidões, animação de partículas e conjugação de perspectivas.<sup>19</sup>

O *software* “*Cinema 4D*” (*C4D*) permite o desenvolvimento de soluções profissionais 3D de modelação, renderização, texturização e animação. É um dos *softwares* mais usados na produção de conteúdos para cinema, televisão, arquitetura, ciência, engenharia, etc. Tem como principais características o “*workflow*”<sup>20</sup> de trabalho, pois a sua interface é totalmente personalizável.<sup>21</sup>

O *3D Coat* é um *software* de modelação 3D, tendo todas as ferramentas necessárias para efectuar escultura digital, modelar tanto superfícies orgânicas como rígidas totalmente texturizadas. Tendo como principais características, *Voxel Sculpting*<sup>22</sup>, que permite ao utilizador esculpir com toda a liberdade e *Auto-Retopology*<sup>23, 24</sup>.

O Modo é um *software* de modelagem 3D, animação, escultura, efeitos e renderização. É uma solução completa com *workflow* rápido e eficaz.

---

<sup>18</sup> Fonte: <http://www.autodesk.com/products/autodesk-maya/overview>, acessado a 16 de Maio de 2013

<sup>19</sup> Fonte: <http://www.autodesk.pt/products/autodesk-3ds-max/overview>, acessado a 17 de Maio de 2013

<sup>20</sup> Metodologia de trabalho

<sup>21</sup> Fonte: <http://www.techlimits.com/index.php/cinema-4d-studio/cinema-4d/87-cinema-4d-studio>, acessado a 17 de Maio de 2013

<sup>22</sup> Tipo de escultura a partir de “pixéis” volumétricos (cubos)

<sup>23</sup> Topologia automática – criação de geometria automática para simplificar objectos esculpidos com uma distribuição uniforme de polígonos

<sup>24</sup> Fonte: <http://3d-coat.com/what-is-3dcoat/>, acessado a 17 de Maio de 2013

Tem como principais características a exploração de modelagem poligonal rápida e intuitiva, bem como de escultura, contem também capacidades ilimitadas de renderização em rede. Permite também uma pré-visualização foto-realista instantânea.<sup>25</sup>

O *Houdini* é um *Software* de animação 3D, especializado em efeitos especiais. É um *software* baseado em “*Nodes*”<sup>26</sup> permitindo um “*workflow*” bastante mais flexível a erros e mudanças.<sup>27</sup>

O *LightWave* combina um motor de renderização com ferramentas de modelação, animação, *rigging*, e renderização suportado pelos sistemas operativos *Windows* e *Mac*. É uma solução completa para produção 3D cinema, web, televisão e desenvolvimento de jogos.<sup>28</sup>

### 3.2.1. Análise Comparativa de Software 3D

No capítulo anterior analisámos de forma breve algumas das principais características dos vários *softwares 3D* que podem ser usados para a modelação e texturização, mapeamento e exportação em vários formatos dos elementos para a elaboração de Museus virtuais 3D. Tendo em conta que todos os *softwares* referidos têm todas as ferramentas necessárias para o efeito, apenas analisamos de forma comparativa os preço e se existe diferenciação no caso de uso académico.

Software	Preço	Versão Estudante
Blender	Gratuito	Gratuito
Maya	2578 €	Gratuito (FNC) <sup>29</sup>
3D Max	2578 €	Gratuito (FNC)
Cinema 4D	734 €	30 dias gratuito

<sup>25</sup> Fonte: <http://www.thefoundry.co.uk/products/modo/>, acessido a 17 de Maio de 2013

<sup>26</sup> Função Programada controlada graficamente

<sup>27</sup> Fonte: [www.sidefx.com/index.php?option=com\\_content&task=view&id=1021&Itemid=270](http://www.sidefx.com/index.php?option=com_content&task=view&id=1021&Itemid=270), acessido a 17 de Maio de 2013

<sup>28</sup> Fonte: <https://www.lightwave3d.com/overview/>, acessido em 17 de Maio de 2013

<sup>29</sup> Para fins não comerciais

<b>3D Coat</b>	279 €	73 €
<b>Modo</b>	734 €	30 dias gratuito
<b>Houdini</b>	1471 €	Gratuito (FNC)
<b>LightWave</b>	660 €	143 € <sup>30</sup>

Tabela 2 – Custo de *software 3D*

### 3.3. Motores Gráficos

Existe uma grande variedade de motores gráficos disponíveis, nesta secção analisámos alguns dos mais comuns usados tanto na criação de jogos como de visitas interativas.

O *Blender Game Engine (GE)* esta integrado no próprio *software* o que faz com que a passagem de modelos entre diferentes softwares não seja necessária. Contem um sistema de programação simples baseado em *Logic Bricks*<sup>31</sup> ou mais robusto através de *Python*, inclui várias livrarias *open source* de áudio, física e programação gráfica e não necessita de compilação ou pré-processamento para ser executado.<sup>32</sup>

O *Unity* é um ecossistema de desenvolvimento de jogos, é um *software* muito poderoso de renderização em tempo real, com ferramentas bastante intuitivas e *workflows* rápidos para criar todo o tipo de interatividade *3D* e *2D*, é um *software* multiplataforma de fácil publicação e qualidade elevada, com loja de conteúdos e uma comunidade que partilha o conhecimento. Para criadores independentes e estúdios, o seu sistema democrático e baixo custo torna-o ideal para o desenvolvimento de jogos.<sup>33</sup>

O *OGRE (Object Oriented Graphics Rendering Engine*<sup>34</sup>) é um motor gráfico flexível, programado em *C++*<sup>35</sup> e criado para ser mais fácil e intuitivo para os criadores produzir aplicações utilizando a aceleração por *hardware* de gráficos *3D*.

<sup>30</sup> Fonte: <http://3d.about.com/od/A-Guide-To-3D-Software/tp/Full-3D-Suites.htm>, acedido em 18 de Maio de 2013

<sup>31</sup> Sistema de instruções através de interface visual

<sup>32</sup> Fonte: <http://www.blender.org/features/>, acedido em 18 de Maio de 2013

<sup>33</sup> Fonte: <http://unity3d.com/unity>, acedido a 18 de Maio de 2013

<sup>34</sup> Motor de renderização gráfico orientado a objetos

<sup>35</sup> Linguagem de programação orientada a objetos

O *Ogre* não é só um motor de jogo, este pode ser usado para fazer os jogos, mas fornece também solução para todo o tipo de aplicações gráficas, tal como som, rede, *AI*<sup>36</sup>, basta integrar bibliotecas externas. O *OGRE* é disponibilizado sob uma licença do MIT.<sup>37</sup>

No *UDK*<sup>38</sup> cada aspeto do conjunto de ferramentas disponível no motor *Unreal* é desenhado com a facilidade de criação sempre em mente, capacitando artistas e *designers* a desenvolver conteúdos num ambiente visual e dando aos programadores uma estrutura altamente modular, escalável e extensível para jogos com uma ampla diversidade de géneros.<sup>39</sup>

O *Torque 3D* é um motor de jogo de código aberto sob a licença MIT. O torque 3D foi projetado para uma máxima flexibilidade e desempenho numa ampla gama de *hardware*. Está equipado com um vasto leque de ferramentas que permitem a criação de jogos com facilidade. Exporta para *Windows* e *Web Browser*.<sup>40</sup>

O *ShiVa3D* é um *software* para desenvolver e criar facilmente aplicações em tempo real para *Windows*, *Mac OS*, *Linux*, *iPhone*, *Android*, *BlackBerry*, *Palm Wii* e *iPad*. *Shiva* é um mecanismo de multiplataforma de jogos *3D*, editor *WYSIWYG*<sup>41</sup> *3D* e *MMO Server*<sup>42</sup>.<sup>43</sup> Permite a criação de efeitos com partículas, interface gráficos, materiais e sons.

O *Flash* é uma plataforma multimédia usada para a criação de gráficos vetoriais, animação, jogos e aplicações diversas. É frequentemente utilizado fazer o *streaming* de vídeos, músicas e conteúdo multimédia em páginas web, embora o seu uso esteja em declínio. As suas aplicações e animações podem ser programadas usando a linguagem

---

<sup>36</sup> Inteligência artificial

<sup>37</sup> Fonte: <http://www.ogre3d.org/about>, acedido a 6 de Maio de 2013

<sup>38</sup> Unreal Development Kit

<sup>39</sup> Fonte: <https://www.unrealengine.com/>, acedido a 6 de Maio de 2013

<sup>40</sup> Fonte: <http://www.garagegames.com/products/torque-3d>, acedido a 7 de Maio de 2013

<sup>41</sup> What you see is what you get (visualização igual á qualidade final)

<sup>42</sup> Massive Multiplayer Online

<sup>43</sup> Fonte: <http://www.stonetrip.com/what-is-shiva-3d.html>, acedido a 7 de Maio de 2013

orientada a objectos *ActionScript (AS)*, permitindo também a automação através da linguagem *JavaScriptflash (JSFL)*.<sup>44</sup>

Embora o Adobe Flash não contenha um motor gráfico 3D nativo, é possível integrar bibliotecas de classes de motores gráficos externos para criação de aplicações 3D.

O *Away 3D* é um motor de jogo *open source* para Flash. É fundamentalmente concebido para desempenhar um papel de apoio em aplicações complexas e criação de jogos, bem como a natureza extensível da *framework* garante uma abordagem robusta de desenvolvimento de aplicações.<sup>45</sup>

### 3.3.1. Análise Comparativa de Motores Gráficos

Nos motores gráficos existem diferenças consideráveis, especialmente nas seguintes áreas:

- Custo
- Curva de aprendizagem
- Facilidade de Utilização
- Conhecimentos em linguagens de programação necessários
- Plataformas de exportação
- Documentação e Suporte

Nesta análise considerámos o Adobe flash e o motor Away 3D uma única aplicação para que faça sentido compara-la com os restantes motores gráficos.

Para cada um dos tópicos analisados elaboramos uma série de tabelas adaptadas de Sousa (2011). Nesta primeira abordagem é importante saber se existem versões para uso académico ou livre de pagamentos.

Custo	
<b>Ogre</b>	Livre MIT License (versão 1.7 ou superior)
<b>Shiva</b>	Shiva personal Learning edition - livre mas não permite a distribuição dos jogos produzidos Outros tipos de licenças que vão desde os \$200 até aos \$1000
<b>Unity 3D</b>	Versão com algumas limitações - Livre

<sup>44</sup> Fonte: <http://www.adobe.com/products/flash/faq.html>, acedido a 7 de Maio de 2013

<sup>45</sup> Fonte: <http://away3d.com/features/>, acedido a 7 de Maio de 2013

	Licença comercial – \$1500 (\$75 por mês durante um período de 12 meses)
<b>UDK</b>	Livre – para fins educacionais
<b>Adobe Flash</b>	Licença comercial – \$410
<b>Away 3D</b>	Licença educacional - \$160
<b>Torque 3D</b>	Open source Apache 2.0 license
<b>Torque 3D</b>	Actualmente Open Source MIT License
<b>Blender GE</b>	Open Source General Public License

**Tabela 3 – Custo dos motores gráficos**

Explorar todas as funcionalidades de um motor gráfico pode ser um processo lento, por esse motivo analisamos também a dificuldade da curva de aprendizagem dos vários *softwares*.

	<b>Curva de Aprendizagem</b>
<b>Ogre</b>	Média
<b>Shiva</b>	Curta
<b>Unity 3D</b>	Curta
<b>UDK</b>	Média
<b>Adobe Flash</b>	Complexo
<b>Away 3D</b>	Complexo
<b>Torque 3D</b>	Complexo
<b>Blender GE</b>	Elevada

**Tabela 4 – Curva de aprendizagem de motores gráficos**

Todos os motores gráficos necessitam de conhecimentos em linguagens de programação (escrita ou gráfica) para adicionar funcionalidade as aplicações, nesta tabela analisamos a variedade de linguagens que cada um dos motores suporta.

<b>Conhecimentos em Linguagens de Programação Necessários</b>	
<b>Ogre</b>	Elevados conhecimentos de programação orientada a objetos, e de linguagens como <i>C++</i> , <i>C#</i> , <i>Java</i> e <i>Python</i>
<b>Shiva</b>	Conhecimentos de Lua e de programação
<b>Unity 3D</b>	Conhecimentos em <i>Javascript</i> e <i>C#</i>
<b>UDK</b>	Bons conhecimentos de programação orientada a objetos,

	especialmente em <i>C++</i> , da <i>Unreal Scripting Language</i>
<b>Adobe Flash</b>	Conhecimentos de <i>Action Script 3</i>
<b>Away 3D</b>	<i>Away 3D typescript</i> e <i>Javascript</i>
<b>Torque 3D</b>	Conhecimentos de programação Orientada a Objetos e da linguagem própria do Torque, muito similar a <i>C++</i>
<b>Blender GE</b>	Linguagem de programação <i>Python</i> ou <i>Logic Bricks</i>

**Tabela 5 – Conhecimentos necessários a produção de conteúdo em motores gráficos**

Tendo a aplicação totalmente elaborada, podem ser poucas as alterações necessárias para uma exportação multiplataforma, abrindo possibilidades futuras a diferentes públicos.

<b>Plataformas de exportação</b>	
<b>Ogre</b>	Windows Mac OS, Linux. Através do uso de distribuições proprietárias e com o pagamento da respetiva licença, está disponível para Xbox, PS3 Wii e iPhone.
<b>Shiva</b>	Windows, Linux, Mac OS X, Nintendo Wii, I Phone, Browser-based, Google Chrome, Firefox, Safari, IE, e Android
<b>Unity 3D</b>	web (Chrome, Safari, IE, Firefox), Windows, Mac, Linux, iPhone, Android, Nintendo WII, PS3, Xbox 360
<b>UDK</b>	Windows
<b>Adobe Flash</b> <b>Away 3D</b>	Exporta para qualquer plataforma que suporte FlashPlayer
<b>Torque 3D</b>	Windows, Mac OS, IOS, web browser based
<b>Blender GE</b>	PC, Mac OS X, Linux, Android e web browser based

**Tabela 6 – Plataformas de exportação suportadas por motores gráficos**

Um dos principais fatores que influencia a dificuldade de aprendizagem é a falta de documentação e suporte. Este é um fator decisivo no que toca a escolha de *software*.

<b>Documentação e suporte</b>	
<b>Ogre</b>	Grande número de recursos <i>online</i> , suportados por uma grande comunidade de utilizadores.
<b>Shiva</b>	Recursos online de elevada qualidade e fóruns com uma



	comunidade de criadores significativa
<b>Unity 3D</b>	Suporte e documentação <i>online</i> , bem estruturada, acompanhada de uma grande comunidade de utilizadores. Página <i>web</i> exclusiva para pergunta-resposta
<b>UDK</b>	Boa documentação em recursos eletrónicos, e impressos. Boa comunidade de programadores
<b>Adobe Flash</b>	Excelentes recursos <i>online</i> e impressos
<b>Away 3D</b>	Boa documentação e exemplos <i>online</i>
<b>Torque 3D</b>	Ótimos recursos <i>online</i>
<b>Blender GE</b>	Documentação <i>online</i> , grande número de livros impressos e em formato digital.

**Tabela 7 – Documentação e suporte disponível de motores gráficos**

Como foi possível analisar neste capítulo existem várias plataformas de desenvolvimento de jogos e aplicações interativas 3D. Todas elas com vantagens e desvantagens em relação as características analisadas, mas para o nosso projeto é importante ter uma boa documentação em relação as várias funcionalidades implementadas, facilidade de aprendizagem e licença gratuita para uso académico. Ainda assim é também necessário elaborar uma pesquisa na área da Museologia virtual de forma a compreender quais as principais aplicações criadas nesta área específica a nível nacional e internacional, bem como a tendência de evolução deste tipo de aplicações.

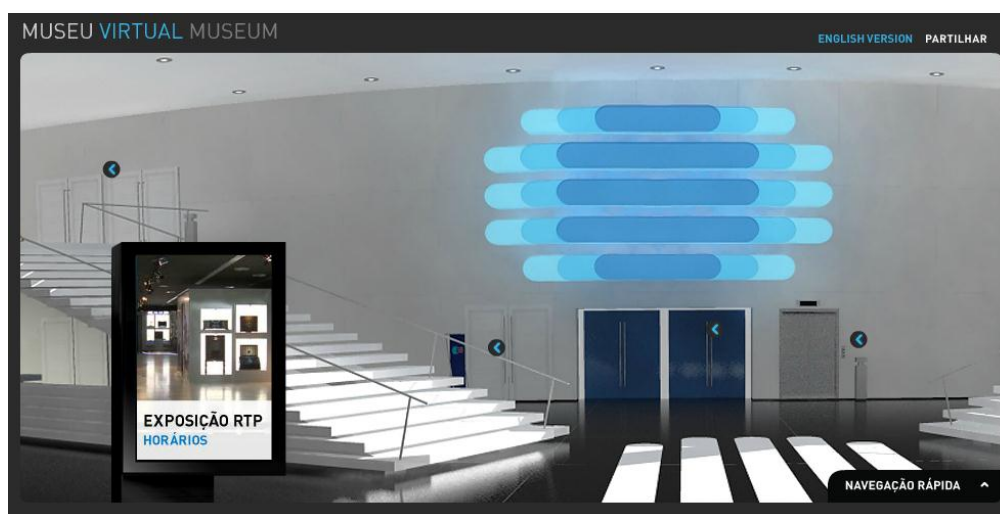
### **3.4. Espaços Museológicos virtuais em Portugal**

No contexto da criação de visitas virtuais a nível nacional analisamos alguns dos exemplos que existem no nosso país. É importante não só observar as possibilidades do Museu Virtual mas também as tendências de evolução de este género de conteúdo interativo.

O primeiro exemplo pertence a Televisão publica nacional RTP1, apresenta características interactivas que juntam vários tipos de média numa aplicação Web.

O museu virtual inicia com um vídeo de apresentação com uma breve descrição do conteúdo da página e segue para uma imagem panorâmica onde se podem encontrar as

várias opções de visualização tanto dos espaços como dos objectos que estão presentes na colecção física da Televisão.



**Figura 13 – Museu Virtual RTP<sup>46</sup>**

Tem também um local de biblioteca e arquivo onde podemos encontrar livros, música, gravações de voz e vídeo de momentos únicos da história da Rádio Televisão Portuguesa. Embora não faça uso das últimas tecnologias para a construção de aplicações *online* interativas, este Museu foi desenvolvido em flash e permite uma visualização fluida sem grandes interrupções ou paragens para carregamento de informação. O *design* do interface gráfico é simples e intuitivo.

O Museu Virtual Aristides de Sousa Mendes apresenta um género de características diferentes na informação que disponibiliza, o conteúdo é um pouco mais estático e não permite uma interação tão dinâmica como o museu anteriormente analisa.

Inicia com uma pequena animação de introdução e apresenta duas opções no ecrã principal: Exposição Virtual e Base do Conhecimento. Na última opção referida a informação é disposta de forma mais direta numa página web tradicional, usada principalmente para aceder a conteúdo histórico, documental e bibliográfico de forma estática. Na opção Exposição Virtual são disponibilizadas três opções: Corredor da Guerra; Corredor da Fuga; Corredor da Liberdade. Em cada uma destas opções é nos apresentada uma introdução em texto do momento histórico em que se encontrava. Seguindo para o respetivo corredor, temos acesso a uma série de vídeos com descrições históricas mas que

---

<sup>46</sup> Fonte: <http://museu.rtp.pt/#/pt/recepcao>, acessado a 8 de Junho de 2013

não possibilita interação ou informações adicionais sobre os momentos que são apresentados. Para informações adicionais ou mais específicas é necessário aceder a Base do Conhecimento no ecrã principal. Este Museu foi também construído em Flash, não contém muita informação e é apresentada de forma estática, isto é, o utilizador é obrigado a visualizar a informação de forma linear de cada um dos respetivos “corredores”.



**Figura 14 – Museu Virtual Aristides de Sousa Mendes<sup>47</sup>**

Seguimos para a análise do Museu Virtual IGP (Instituto Geográfico Português).

Neste museu não existe introdução e o conteúdo é apresentado de forma estática, temos a possibilidade de aceder a mapas, instrumentos, fotografias, livros e documentos mas com um nível de interatividade muito baixo. É no entanto interessante observar a opção de visualização de mapas e instrumentos que dispõe de um sistema semelhante ao *Google Cultural Institute* que apresenta imagens com qualidade bastante elevada que permite observar de forma detalhada as várias imagens com opções de *zoom* e *pan*. No entanto o próprio tamanho da página já não se ajusta totalmente às resoluções *widescreen*, e dependendo do *Browser* usado pode haver alterações da formatação da informação significativas. No geral o Museu *web* não faz bom uso do espaço de ecrã disponível.

---

<sup>47</sup> Fonte: <http://mvasm.sapo.pt/>, acessido a 11 de Junho de 2013



Figura 15 – Museu Virtual IGP<sup>48</sup>

De forma a mostrar os vários tipos de Museus disponíveis *online* no contexto nacional, selecionamos o Museu Nacional dos Coches como elemento de análise. Neste Museu a informação é apresentada no típico formato de página web com as várias opções de conteúdo estático e uma opção de Visita virtual onde são apresentadas uma série de fotos panorâmicas 360° dos vários salões, com a possibilidade de rotação de câmara e ampliação. O museu disponibiliza também uma aplicação Guia do Museu para *iPhone* que pode ser usado para a visita física. Embora as fotos panorâmicas sejam uma forma fácil de representar espaços de forma foto realista, estes não permitem a movimentação no espaço e a ampliação de pormenores não é possível em imagens de baixa qualidade.

---

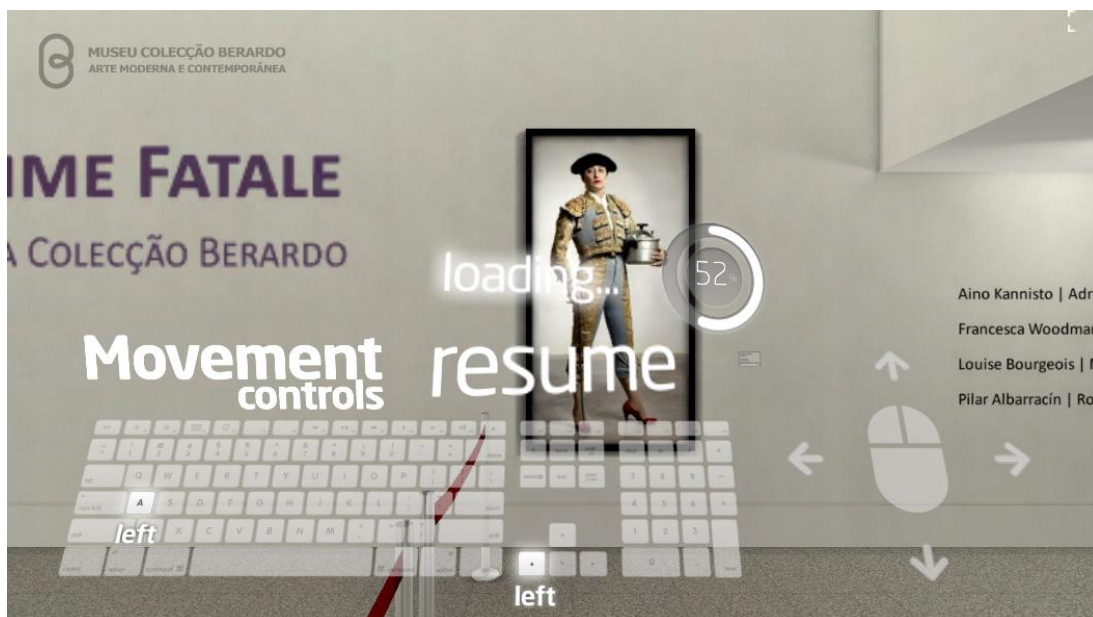
<sup>48</sup> Fonte: <http://www.igeo.pt/MuseuVirtual/>, acessido a 11 de Junho de 2013



Figura 16 – Museu Nacional dos Coches<sup>49</sup>

Em última análise observamos o Museu Coleção Berardo – Arte Moderna e Contemporânea que possibilita uma viagem virtual livre num espaço tridimensional que permite a navegação num ambiente de jogo que se assemelha mais ao nosso projeto. Após o carregamento da aplicação Web (é necessário o *Unity player*) é apresentada uma breve descrição da visita virtual, prosseguindo para o ecrã principal temos um acesso a informação sobre a movimentação do jogo, usando o rato para movimentar a câmara e as teclas direcionais ou as teclas “ASDW”.

<sup>49</sup> Fonte: <http://en.museudoscoches.pt/>, acedido a 11 de Junho de 2013



**Figura 17 – Menu Principal da aplicação Web Museu Coleção Berardo<sup>50</sup>**

Premindo o botão “Play” somos colocados no início do Museu onde podemos começar a observar quadros que estão expostos ao longo das paredes. Passando o rato por cima dos quadros altera o cursor para uma lupa que premindo o botão do rato, danos acesso a informação adicional sobre o quadro em questão. Voltando a carregar novamente ou usando as teclas de movimentação, retira a informação e podemos prosseguir com a viagem. No edifício virtual constam inúmeros quadros, fotos, pequenos *loops*<sup>51</sup> de vídeos, esculturas e texto, todos eles com interatividade e informação complementar. Do ponto de vista técnico é uma visita extremamente completa com bons pormenores de luz (*lightmaps*<sup>52</sup> e *halo*<sup>53</sup>), usa *cubemaps*<sup>54</sup> para obter reflexos no chão e nos vidros dos quadros, emissores de partículas para simular vapor de água e sons ambientes que alteram ao longo da visita. É possível também observar alguns efeitos de pós processamento.

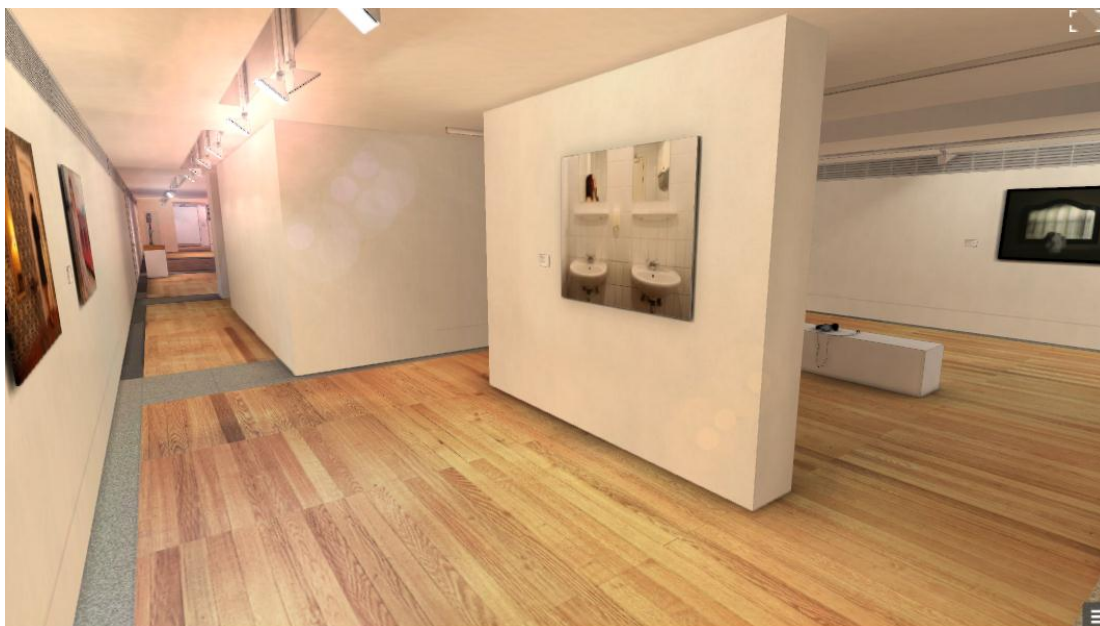
<sup>50</sup> Fonte: <http://www.virtualreflex.com/virtualTour.php>, acedido em 13 de Junho de 2013

<sup>51</sup> Sequência de som ou vídeo que se repete varias vezes

<sup>52</sup> Textura usada em motores gráficos com a informação de luz/sombras

<sup>53</sup> Imagem com transparência colocada junto aos pontos de luz para simular o brilho

<sup>54</sup> Textura de projeção cubica usada em motores gráficos para obter reflexos



**Figura 18 – Interior do Museu Berardo<sup>55</sup>**

Dada a grande dimensão do Museu, o tempo de carregamento da aplicação pode ser demorado dependendo da ligação de internet.

Fora do âmbito de Museus virtuais, analisamos por fim um exemplo de uma reconstrução arqueológica da cidade romana de Conímbriga.

Conímbriga é classificada como Monumento Nacional, é o mais bem preservado conjunto de vestígios Romanos em Portugal. Embora na idade média, Conímbriga tenha sido abandonada completamente.<sup>56</sup> Conímbriga, Cidade Romana em 3D foi criada em 2010 por Eduardo Barragán, que através de análise documental e com base nas ruínas existentes apresenta uma série de vídeos onde é possível visualizar a reconstrução digital da cidade e algumas das casas específicas da cidade, incluindo, o fórum, as termas do Sul, casa dos repuxos, casa dos esqueletos entre outros. Nesta recriação infográfica estão disponíveis inúmeros pormenores de edifícios, arquitetura da cidade e ainda alguns dos objetos e mobiliário disponível na época.

---

<sup>55</sup> Fonte: <http://www.virtualreflex.com/virtualTour.php>, acedido em 13 de Junho de 2013

<sup>56</sup> Fonte: <http://www.quintadoriodao.com/port/out/conimbriga.html>, acedido a 14 de Julho de 2013



**Figura 19 – Reconstrução infográfica da Cidade Romana de Conimbriga por Eduardo Barragán**

No entanto o autor disponibiliza apenas alguns vídeos sem informação em texto ou áudio e usa como plataforma de suporte um *blog* em língua espanhola. A qualidade do vídeo é muito baixa (360p, 240p<sup>57</sup>).

### **3.5. Espaços Museológicos virtuais internacionais**

No panorama Internacional de Museus virtuais existe mais diversificação e inovação de aplicações interativas. Neste tópico serão apresentados alguns dos exemplos pertinentes selecionados para análise.

Dentro do contexto atual de conservação de património, a *Google* desenvolveu uma aplicação que integra neste momento conteúdo de Museus de cerca de 40 países, com imagens de alta qualidade, entre elas, imagens “*Gigapixel*”<sup>58</sup>. O *Google* usa também a sua tecnologia *Google Street View*<sup>59</sup> para viajar dentro dos museus a semelhança das imagens 360º graus, mas com a possibilidade de movimentação em todos os sentidos. Este género de visitas, esta não só disponível para vários museus a volta do mundo como também em locais arqueológicos. Existem arquivos disponibilizados pelas próprias instituições com vasta informação que pode ser guardada na nossa própria galeria e partilhada com amigos.<sup>60</sup> O conceito de *Gigapixel* traz grandes possibilidades tanto para interessados em arte, como também para estudiosos, visto que é possível mesmo observar detalhes tão

---

<sup>57</sup> Resolução de vídeo correspondente a 480x360 pixéis e 320x240 respetivamente

<sup>58</sup> Imagem com 100 mais biliões de pixéis

<sup>59</sup> Tecnologia que possibilita “andar” em algumas ruas do *Google Maps*

<sup>60</sup> Fonte: <http://www.google.com/culturalinstitute/about/>, acedido em 27 de Julho de 2013



pequenos como uma pincelada. Na seguinte Figura é possível observar a qualidade de uma pintura a um nível de ampliação elevado.



**Figura 20 – Obra “The Night Watch” (1642), pormenor de um olho (ampliação máxima)<sup>61</sup>**

Incluídas neste projeto estão também 64 peças dos palácios Nacionais de Sintra e Queluz e uma “Viagem á Língua Portuguesa”.

Analisamos o Museu Virtual do Iraque, que na semelhança do Museu da RTP1, inicia com um vídeo introdutório e de seguida apresenta um menu principal onde é possível selecionar uma das várias civilizações que habitaram no Iraque desde de a pré-história. Em cada uma das 8 civilizações, é nos apresentado um novo menu onde temos acesso a textos, imagens ou vídeos informativos dos objetos selecionados. Entre cada uma das seleções existe uma pequena animação que nos mostra o objeto com mais pormenor. A informação está separada por vários menus, o que torna o carregamento da página rápido e fluido. Algumas das opções analisadas são controladas pela posição do rato em relação ao centro da página, que por não serem explicadas podem iludir o utilizador á falta de interação.

---

<sup>61</sup> Fonte: <http://www.google.com/culturalinstitute/asset-viewer/the-night-watch/eQEojRwTdypUKA?projectId=art-project>, acedida a 10 de Setembro de 2013



Figura 21 – Museu Virtual do Iraque<sup>62</sup>

O jornal “The Art Newspaper” lançou em Abril de 2013 um artigo em que publica a listagem dos 100 Museus mais visitados em todo o Mundo do ano de 2013.<sup>63</sup> No topo da lista encontra-se o Museu Louvre em França. Por este motivo decidimos analisar o seu museu virtual.

Criado em 2007, o museu virtual do Louvre disponibiliza varias fotos panorâmicas 360° graus com movimentação em torno da câmara, de uma zona específica do museu. Apenas alguns dos objetos têm interação, indicada pela alteração da imagem do cursor para um “i” e por uma caixa criada a volta do objeto.

Selecionando uma das opções é nos apresentado um texto descritivo no canto inferior esquerdo, fora da área da imagem panorâmica. No canto inferior oposto encontra-se o mapa de localizações onde podemos mais facilmente navegar pelas áreas disponíveis para esta viagem.

<sup>62</sup> Fonte: <http://www.virtualmuseumiraq.cnr.it/homeENG.htm>, acessido a 8 de Setembro de 2013

<sup>63</sup> Artigo: <http://www.theartnewspaper.com/attfig/attfig12.pdf>, acessido em 11 de Setembro de 2013

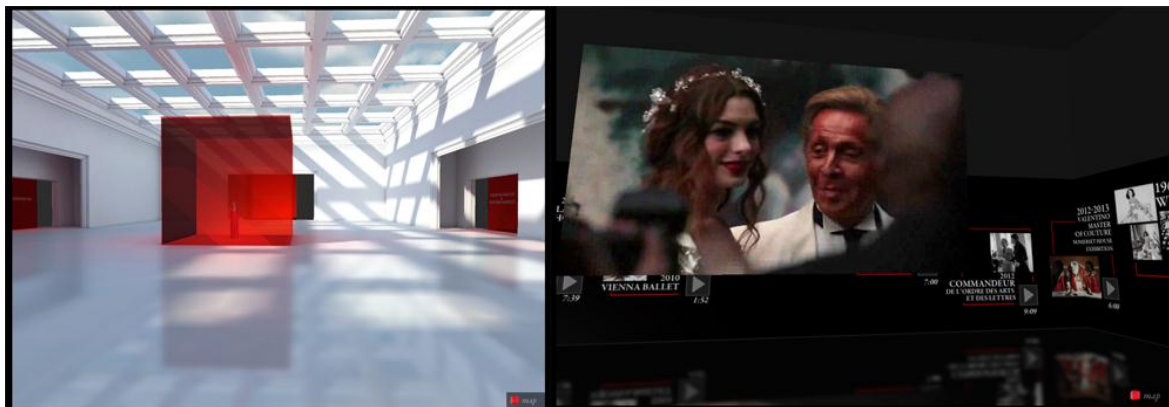


Figura 22 – Museu Virtual Louvre<sup>64</sup>

A procura de projetos que visam inovar a área dos museus virtuais, encontramos o Museu Virtual do *designer* de moda Italiano, Valentino Garavani. O museu é construído em *Unity*, a semelhança dos projetos com mais qualidade encontrados até á data, esta disponível em versão *web* e *desktop* (download no site oficial). A visita inicia num *hall* de entrada onde se encontram varias salas disponíveis para visualização de conteúdos. Os controlos são simples, com o primeiro botão do rato premido controlamos a câmara, carregando com o mesmo botão numa sala ou no chão a personagem movimenta-se até ao local. A sensibilidade destes movimentos pode ser alterada nas opções disponíveis no menu “*map*”, localizado no canto inferior direito. O mapa da também acesso a todos os atalhos diretos á visita virtual, bem como opções de ecrã completo. A visita é longa, por esse motivo vamos apenas analisar algumas das áreas mais inovadoras. Sendo o protagonista da viagem um *designer* de moda, grande parte das salas apresentação vestidos e outras criações do autor, como a representação tridimensional desses vestidos seria limitativa do ponto de vista tanto de processamento da aplicação como da própria qualidade de representação, optam por colocar os vestidos como imagens. Selecionando um vestido temos acesso a um novo ecrã que possibilita ampliação, movimentação da imagem, textos informativos, bem como a rotação 360°, á semelhança das páginas web de compra de roupa. A sala “Exhibitions & Events” tem uma parede com vídeos do Artista que podem ser visíveis numa tela que se encontra na parede frontal da sala, toda a

<sup>64</sup> Fonte: <http://musee.louvre.fr/visite-louvre/index.html?defaultView=rdc.s46.p01&lang=ENG>,  
 acedido em 11 de Setembro de 2013

informação roda a volta da sala, como se estivesse a ser projetada. Até ao momento desta investigação, foi a única aplicação web analisada que possibilita a visualização de vídeos por *streaming*<sup>65</sup> num ambiente tridimensional.



**Figura 23 – (Museu Virtual Valentino Garavani) Ecrã Principal da aplicação (esquerda), Galeria de vídeos interativos (direita)<sup>66</sup>**

Ao contrário do Museu Virtual Berardo em que toda a aplicação está numa única localização tridimensional, este tem as várias áreas divididas com carregamentos individuais tornando-a mais acessível para ligações de internet mais lentas.

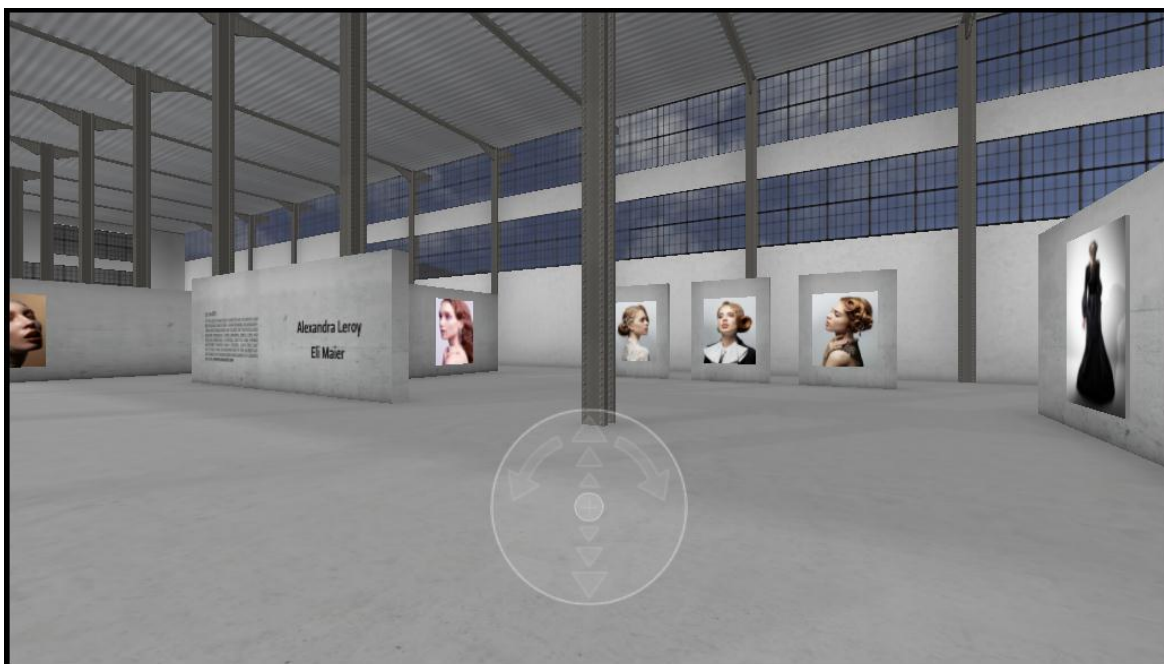
Por fim analisamos um novo tipo de aplicação, concebida com o intuito de criar galerias de arte e Museus virtuais tridimensionais interativos. Trate-se de uma aplicação que permite ao utilizador com base num de 3 espaços virtuais disponíveis (é possível requisitar um espaço exclusivo), personalizar as várias opções disponíveis no editor. Entre elas a alteração das texturas das paredes, chão e teto, colocação e ajustamento das imagens, vídeos e textos/logotipos pelas paredes do local bem como especificar o tamanho do média respetivo (com limitação de tamanho, 5mb para imagens e 20mb para vídeos). É possível selecionar vários tipos de tela e caixilho, colocar sequências de imagens numa única tela, objetos tridimensionais (logos, arvores, vidros). No fim de personalizar o espaço pode ainda especificar os controlos usados, velocidade da personagem, alterar informação disponível para cada *media* importado e usar o conteúdo criado para disponibilizar no seu site pessoal. Durante os testes de análise deparamo-nos com zonas fechadas com

---

<sup>65</sup> Distribuição de multimédia numa rede por pacotes consecutivos com possibilidade de leitura imediata

<sup>66</sup> Fonte: <http://www.valentinogaravanimuseum.com/online-museum>, acessido a 12 de Setembro de 2013

necessidade de palavra passe, que podem ser usadas para disponibilizar conteúdos privados para fins específicos.



**Figura 24 – Exposição virtual “RAINWOOD PRODUCTIONS” (Eli Maier & Alexandra Leroy)<sup>67</sup>**

Nas visitas analisadas, nem todos dispõem de controlos intuitivos embora seja possível navegar mais facilmente por seleção direta no objeto. Existe um limite máximo de imagens e vídeos dependendo do tipo de conta criada. A importação de objetos personalizados tem custos adicionais sob o plano em causa.

Podemos concluir que tanto no contexto nacional como internacional, já existem diversas soluções implementadas para conteúdos interativos virtuais disponíveis na internet. No entanto o poder de processamento dos computadores e a velocidade de acesso a internet limitam as possibilidades neste âmbito. Cada vez mais os motores gráficos apostam e otimizam as suas ferramentas para a web e dispositivos móveis. Neste capítulo não foi debatida a tecnologia Realidade Aumentada (AR), que possibilita a visualização de objetos 3D no “espaço real” por intermédio de um ecrã de dispositivo móvel ou computador. Esta tecnologia não permite visualizações de grandes espaços e necessita de um símbolo impresso para resolver o “*tracking*<sup>68</sup>” do objeto.

---

<sup>67</sup> Fonte: <http://3dstellwerk.com/3d-gallery-showroom.phtml>, acessido a 26 de Setembro de 2013

<sup>68</sup> Tecnologia responsável pelo cálculo de movimentação de um objeto

## 4. Implementação do Protótipo

Abordaremos neste tópico algumas das técnicas de construção e elaboração de conteúdo *3D* e visitas interativas que foram usadas durante a implementação do protótipo do Claustro do Museu de Aveiro. Todos os passos de elaboração vão de encontro aos objetivos e enquadramento fornecidos nos tópicos anteriores.

Tendo em conta que o objetivo do projeto é a reconstrução do espaço entre o final do séc. XVIII e início do séc. XIX, foi restringida a área desenvolvida para o Claustro do Museu de Aveiro, pois seria praticamente impossível recriar cada 1 dos objetos disponíveis no Museu num projeto de duração tão curta.

### 4.1. Pré-Produção

O primeiro passo para a elaboração de uma estratégia de produção foi o levantamento fotográfico de todo o espaço do Museu, que envolve 1150 fotos do espaço em diversas épocas antes e depois do restauro do Museu de Aveiro.

Para a criação dos modelos *3D* foram usadas 420 fotos retiradas pessoalmente no local com pormenores de cada um dos diversos objetos presentes nos claustros do Museu, bem como uma imagem de 360° para mais facilmente compreender a posição de cada um desses objetos que foi gerada a partir de 26 imagens tiradas especificamente para este objetivo.



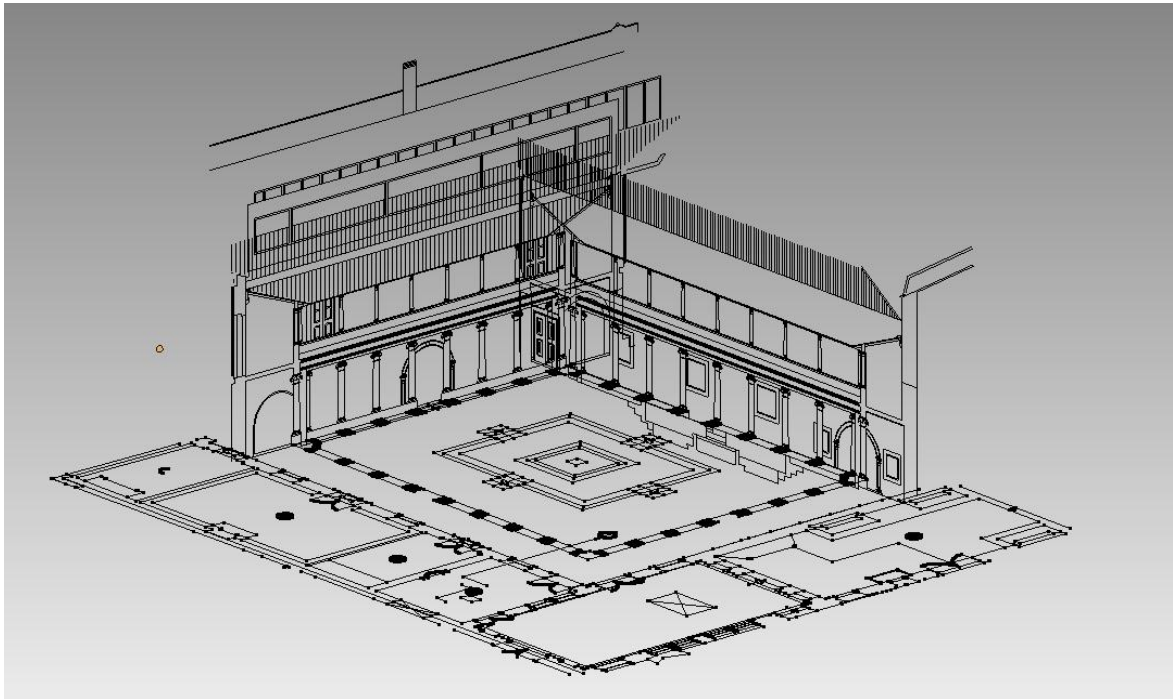
Figura 25 – Panorama 360°

Foram fornecidas pelos responsáveis do Museu as Plantas do edifício de forma a facilitar o levantamento do espaço tridimensional e compreender as respetivas dimensões dos objetos. Estas plantas foram criadas após o restauro do Museu pelo que não representam o espaço físico que este projeto visa criar, no entanto a estrutura do edifício não sofreu nenhuma alteração. As plantas gentilmente cedidas pelo Museu também não

apresentam detalhes suficientes para a criação dos modelos, pelo que foi necessário complementar com as fotos anteriormente referidas e foi também através delas que todos os objetos foram dimensionados para manter uma coerência na construção do espaço. Não existe a partida uma unidade absoluta, o importante é que as proporções comprimento, altura e largura sejam mantidas. A dimensão final dos objetos é relativa ao tamanho da personagem usada para a navegação e a perspetiva usada pela câmara. Com estes sobrepostos em mente passamos para as varias fases de elaboração do projeto.

Inicialmente as plantas do Museu foram disponibilizadas em ficheiros \*.DWG, que não são suportados pelo *software* de modelação *Blender*, foi necessário usar um programa auxiliar (*Any DWG DXF Converter*) para efetuar a conversão dos ficheiros \*.DWG para o formato \*.DXF suportado pelo programa de modelação *Blender*. Ainda assim, devido as atualizações e alterações de arquitetura nas novas versões do *Blender* foi necessário usar uma versão anterior, especificamente 2.49b, para converter os ficheiros em formato \*.OBJ (tipo de ficheiro suportado pela maioria das aplicações 3D).

Após a conversão concluída, retiramos a informação desnecessária (restantes compartimentos do Museu de Aveiro) de cada uma das 3 plantas usadas, planta de topo, frontal e lateral. As três plantas foram dimensionadas de forma a “encaixarem” umas com as outras.



**Figura 26 – Disposição das plantas usadas para a reconstrução do Claustro**

Com a base para a construção tridimensional dos Claustros pronta e com fotos de referência selecionadas foi iniciada a segunda etapa da implementação da Visita virtual do Claustro do Museu de Aveiro.

#### **4.2. Modelação**

Para este tópico existem algumas considerações que devem ser tidas em conta para a construção de objetos para espaços virtuais em tempo real. Embora os computadores de hoje em dia tenham um elevado poder de processamento, bem como as respetivas placas gráficas responsáveis por este tipo cálculos, existem ainda muitas limitações a ter em conta, como o tamanho e número de texturas (espaço em memória), o número de triângulos da malha dos objetos, geometria simplificada para cálculos de colisão, número de objetos em cena, entre outros.

Se por um lado, todos os objetos em *3D* devem ser construídos por faces com 4 vértices (*quads*), na importação para o motor gráfico, as faces de 4 vértices são convertidas para triângulos por questões de otimização. Qualquer polígono pode ser representado por 2 ou mais triângulos, exceto os triângulos que apenas pode ser subdivido em mais triângulos.



Desta forma o triângulo torna-se a primitiva plana mais simples de representar/renderizar e mais leve em termos de uso de memória. Os objetos devem ser exportados em triângulos diretamente da aplicação de modelação, sob o risco de serem triangulados de forma incorreta pelo motor de jogo.

No entanto, para facilitar a construção dos objetos e seleção de *edge loops* a malha deve ser elaborada em *quads* até a exportação do objeto para o motor de jogo.

Usando como ferramenta principal o *software Blender* iniciamos à reconstrução dos objetos com base na sua importância para o Claustro. Isto é, tendo em conta a localização, dimensão e relevância histórica, os objetos dispõem de mais ou menos detalhe de modo a equilibrar o número de polígonos que são visualizados no computador. Esta metodologia permite simplificar grande parte dos objetos que não se vão encontrar perto do utilizador e que, em grande parte dos casos, não faria diferença o número extra de polígonos. Um bom exemplo para este caso, são os Pilares do andar superior do Claustro que, embora aparentem alguma semelhança aos pilares principais, têm apenas 320 triângulos, ao contrário dos 1012 triângulos do modelo do piso inferior.

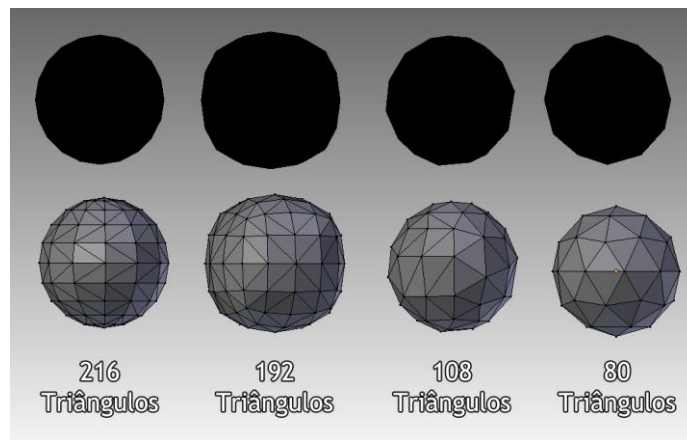


**Figura 27 – Coluna piso superior (esquerda) e Coluna piso inferior (direita) em modo render e wireframe<sup>69</sup>**

---

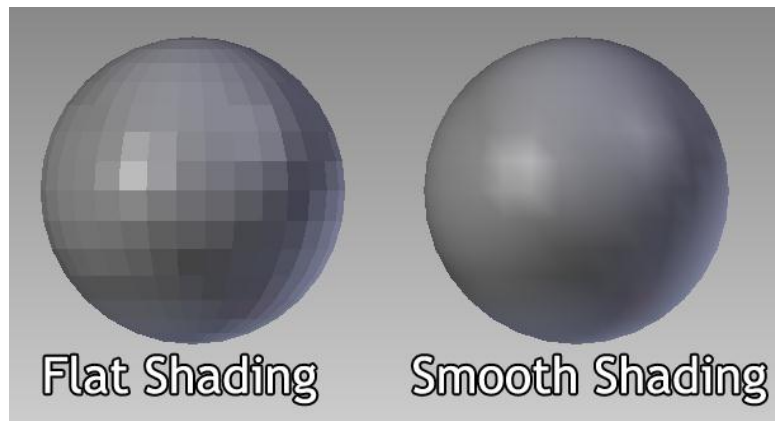
<sup>69</sup> Malha tridimensional que forma o objecto 3D

Para que esta técnica tenha resultados bem-sucedidos, devemos ter em conta a silhueta do objeto e não o objeto no espaço tridimensional.



**Figura 28 – Silhuetas e geometria numa esfera**

Relacionada com esta técnica está o uso de *smooth shading* que é apenas relacionado com a forma de rederização do objeto não influenciando a geometria do objeto. A seguinte imagem ilustra o mesmo objeto com o mesmo número de polígonos com respetivamente *Flat shading* e *Smooth shading*.



**Figura 29 – Tipos de Shading**

O *smooth shading* é aplicado em toda a geometria do objecto o que por vezes em situações mais complexas pode produzir artefactos de rederização, por exemplo no caso de

um objecto com ângulos de 90° graus. Nessas situações é necessário usar o modificador *Edge split*<sup>70</sup> e marcar as arestas com ângulos mais extremos com *Mark Sharp*<sup>71</sup>.



**Figura 30<sup>72</sup>** – Objeto em *flat shading* (esquerda), *Smooth shading* global (centro) e *smooth shading* com arestas definidas como *Sharp* (direita)

Na imagem do centro é possível observar alguns dos artefactos produzidos pelo *smooth shading* aplicado num objecto mais elaborado.

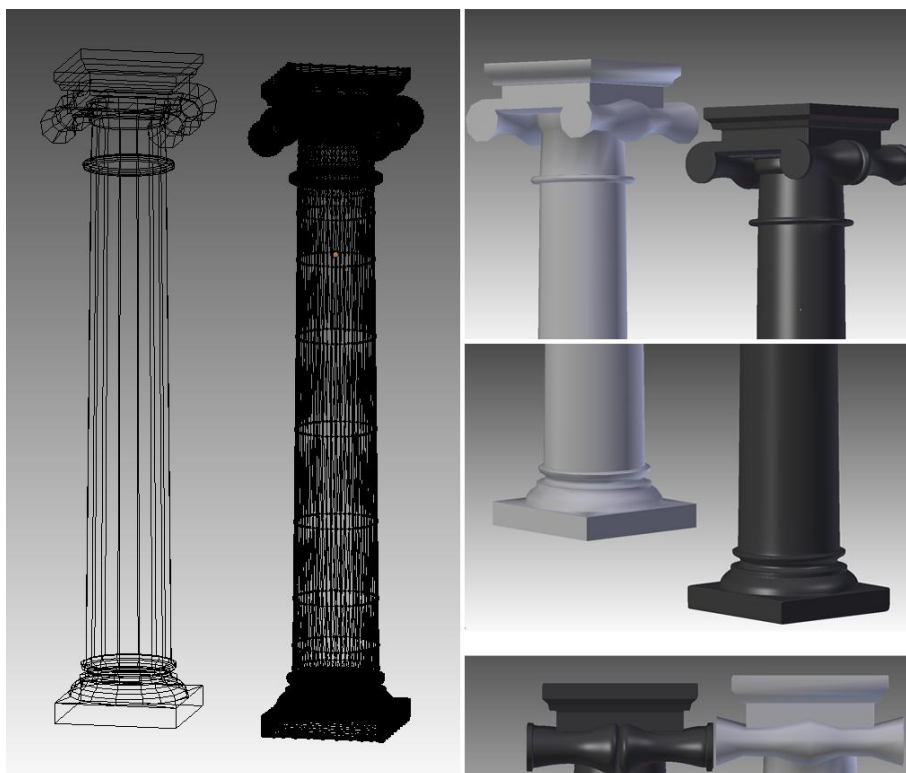
Com base nestes pressupostos o primeiro objecto desenvolvido foi a coluna do piso inferior do Claustro, que usou uma técnica de construção mais elaborada que os restantes objectos, visto que será o mais predominante na zona do Claustro, exactamente 34 colunas. A coluna foi elaborada em duas diferentes versões, uma versão mais leve (com um numero reduzido de polígonos) usualmente designada como *Lowpoly* e uma outra com um nível de detalhe superior (*Highpoly*).

---

<sup>70</sup> Modificador usado no *software Blender* para controlar o *smooth shading* do objeto

<sup>71</sup> Propriedade das arestas que determina um corte na suavidade do objeto

<sup>72</sup> Fonte: <http://wiki.blender.org/index.php/Doc:2.6/Manual/Modeling/Meshes/Smoothing>, acessido a 6 de Agosto de 2013



**Figura 31 – Coluna *Lowpoly* (esquerda), Coluna *Highpoly* (direita) e alguns pormenores ilustrados lado a lado**

Este processo é explicado, em mais pormenor, no tópico de texturização, pois o objetivo da construção dos dois modelos resulta na criação de uma textura que contem o detalhe do objeto pormenorizado (*highpoly*) no objeto leve (*lowpoly*).

Para os restantes objectos foi usada a técnica de *box modeling*, que iniciamos com a construção do objecto com base numa primitiva simples (cubo, plano, cilindro, círculo) e através das ferramentas de manipulação de faces, arestas e vértices, moldamos o objecto até ao seu estado final com ajuda de imagens de referência em objectos *empty*<sup>73</sup>. Relativamente ao *Box modeling* existem também algumas considerações que são úteis para um trabalho mais simplificado, como a construção com efeito de espelho (*mirror modifier*<sup>74</sup>), usado sobretudo na construção das portas e a estrutura base do Claustro. Após identificar a simetria existente no objeto original, é apenas necessário a construção do objecto num dos lados, ao invés do objecto na totalidade. Para ilustrar de forma mais clara esta técnica, a imagem seguinte mostra uma porta que tem simetria em 2 eixos, neste caso

<sup>73</sup> Objetos usados para substituir ou controlar outros objectos, que são ignorados no modo de Render

<sup>74</sup> Modificador usado no *software Blender* para construir objectos com simetrias

apenas foi necessário modelar  $\frac{1}{4}$  da malha do objecto e a simetria assegura que o objecto é replicado no eixo do Y e X. Como o objecto está bloqueado na parte traseira, a simetria no eixo dos Y é aplicada e excesso de geometria não visível ao utilizador é retirado para otimizar o objecto.



**Figura 32 – Porta do Claustro com dupla simetria**

O uso de construção de objectos por simetria tem também vantagens para a criação de *UV maps*<sup>75</sup>, que será explicado no respectivo tópico. No entanto, a simetria não é suportada pelos motores gráficos, pelo que o objecto é convertido numa fase final para a integração no jogo. Neste processo resulta um excesso de geometria na fronteira entre as simetrias que pode ser retirada dependendo do caso, para reduzir os polígonos.

Para a construção das portas e arcos, existe uma ferramenta que permite a criação deste género de estruturas com controlo de amplitude do ângulo gerado, o Spin. Tendo em conta um pivô (*3d cursor*<sup>76</sup>) que geralmente se situa em linha com o vértice onde vai ser

---

<sup>75</sup> Textura representativa do objecto 3D numa imagem 2D

<sup>76</sup> Cursor tridimensional usado no *software Blender* para controlo de várias operações

iniciado o arco, entre as duas estruturas verticais e com a simetria previamente definida, geramos o arco e especificamos o número de iterações que permitem uma curva mais suave, mas que ao mesmo tempo aumentam consideravelmente a quantidade de polígonos. Por esse motivo foi feito um estudo prévio com base na teoria das silhuetas para atingir a melhor performance possível com o menor número de faces no objecto.



**Figura 33 – Teste de silhuetas aplicado em arcos com diferentes iterações**

Todos os objectos da Figura anterior têm simetria, sendo que o número de iterações só é contabilizado até metade do objecto. Tendo em conta que 5 iterações ainda apresenta uma silhueta pouco redonda, o valor final de iterações usadas nos arcos das portas da visita virtual foi entre as 6 e as 9 iterações.

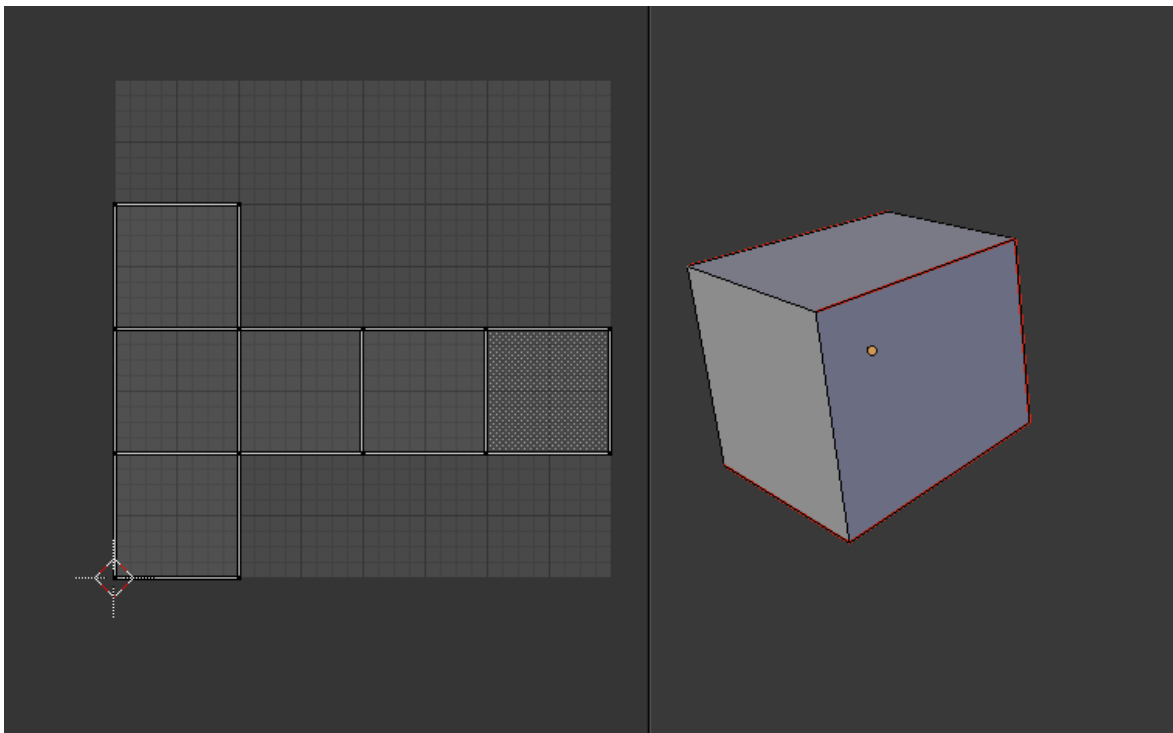
Colocando os objectos nas respectivas posições observamos o número de polígonos que não são visíveis ao utilizador, esse excesso de geometria é retirado para aumentar a performance da cena.

Após a construção, de praticamente todos os objectos do Claustro e tendo em conta que o “orçamento” de polígonos não foi ultrapassado (100.000 triângulos), foi possível melhorar alguns dos objectos. Para aumentar o realismo de alguns dos objectos foram adicionados *bevels*, as escadas e aos murros que suportam as colunas principais do Claustro. Esta ferramenta adiciona geometria de forma a suavizar os ângulos de uma ou várias determinadas arestas, aumentando assim o realismo da cena a custo de um ligeiro aumento de geometria.

### 4.3. Mapeamento

Concluída a fase de modelação, é iniciado o processo de mapeamento de texturas.

Este processo consiste em converter os objectos tridimensionais em objectos bidimensionais (*UV unwrap*) para que seja possível atribuir as texturas de uma imagem 2D para um objecto 3D. Para exemplificar este processo mais facilmente a seguinte imagem mostra o mapeamento criado a um cubo para que se possa atribuir uma textura posteriormente.



**Figura 34- Uv unwrap de um Cubo**

Nesta etapa é necessário recortar várias faces dos objectos tridimensionais e evitar possíveis distorções nas texturas. Para isso são marcadas *seams*<sup>77</sup> (arestas marcadas a vermelho na **Figura 17**) nos objectos e é aplicado o *unwrap* no objecto até que o resultado seja satisfatório.

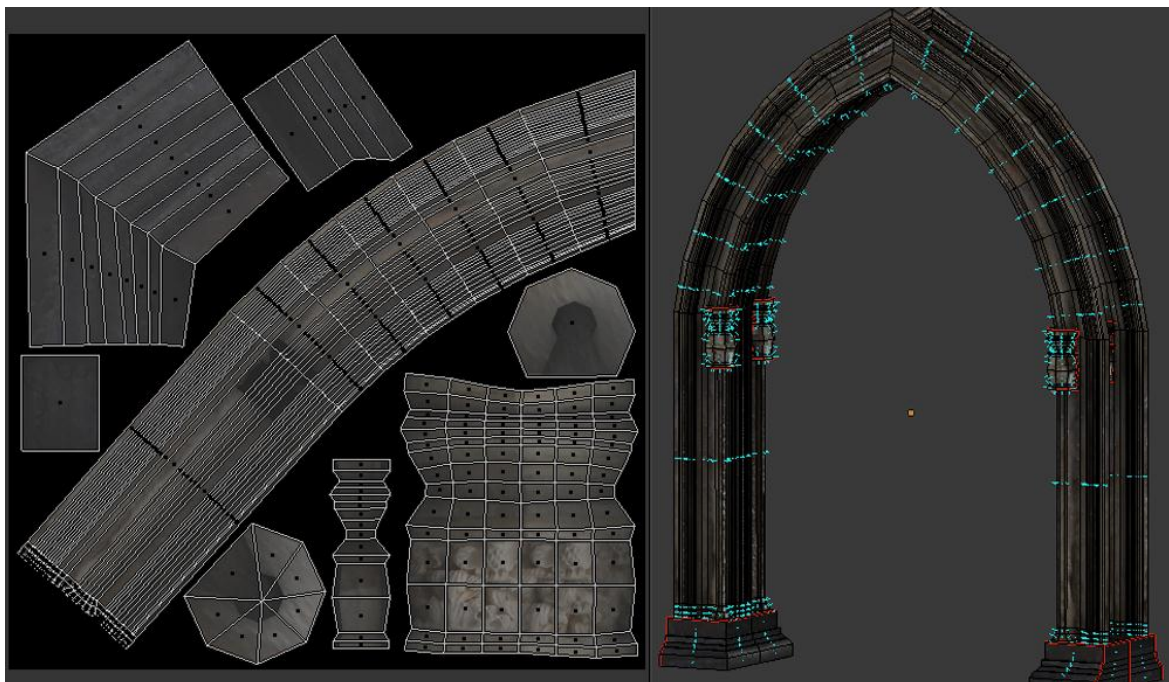
Deste processo podem resultar várias ilhas (conjuntos de faces recortadas do objecto tridimensional) que têm de ser ajustadas de forma a ocupar o mínimo espaço possível para reduzir o tamanho final da textura.

---

<sup>77</sup> Marcas para recorte de geometria usadas na operação *unwrap*

Após a conclusão do mapeamento, as texturas *UV* são exportados para uma imagem para servirem de base no processo de texturização.

Nesta fase os objectos podem usar dois tipos de abordagem em relação à textura que vão utilizar (no contexto do projeto), uma abordagem absoluta em que o objecto precisa de todo o espaço da textura, onde não pode haver sobreposição de ilhas e uma abordagem relativa em que é usada uma textura padrão, que se repete por todo o objecto, em que não existe problema com a sobreposição. No primeiro caso é extremamente útil o objecto ser construído em espelho caso exista uma simetria. Este caso foi usado em praticamente todas as portas e arcos do Claustro, em que só metade (ou um quarto) do objecto precisa de ser mapeado e a outra metade assume a simetria em relação a própria textura. É importante neste caso ter em atenção as zonas em que a textura é espelhada, para que não fiquem artefactos visíveis resultantes de uma má texturização.



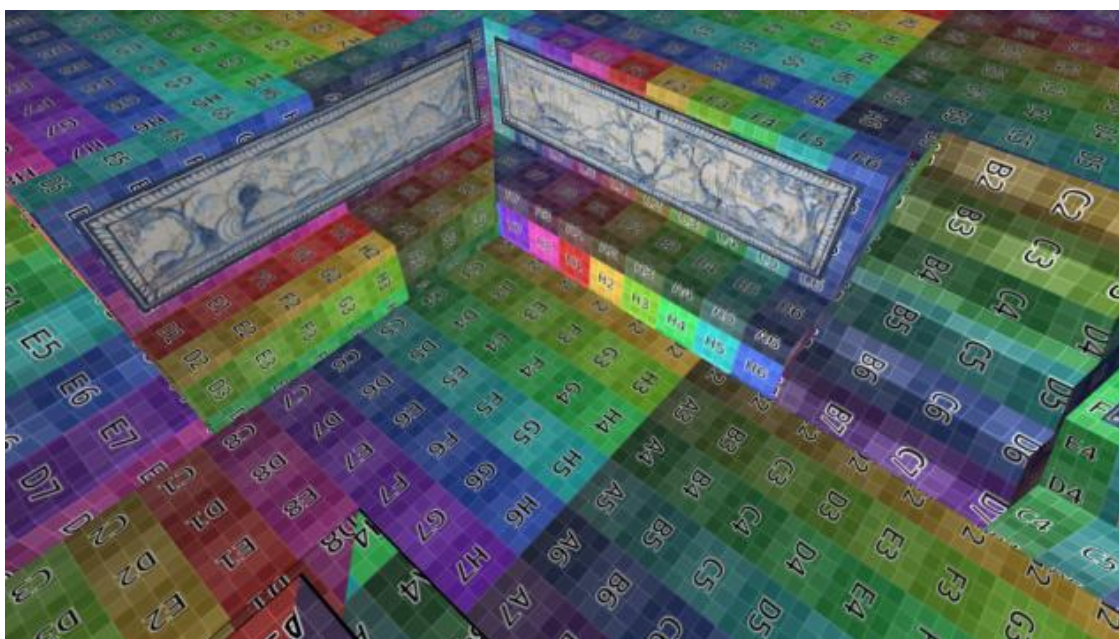
**Figura 35 - Exemplo de textura *UV* e difusa de uma Porta com simetria no eixo do X e Y**

Na anterior figura é possível observar as diferentes ilhas do *UV unwrap* e existe uma sobreposição das ilhas em relação a simetria para diminuir o tamanho necessário para a textura.

Caso a textura usada seja um padrão é importante verificar a orientação das ilhas em relação a textura e que o tamanho de cada uma das ilhas seja proporcional, que facilmente pode ser visto usando uma textura de verificação de mapeamento, incluída em



grande parte dos Softwares 3D. A seguinte imagem ilustra a aplicação de uma textura *Color Grid* para testar o mapeamento do chão de pedra usado no centro do Claustro.



**Figura 36 – Pedra do Claustro mapeada com textura *Color Grid***

Não só é possível verificar um tamanho homogêneo entre objectos, como a respectiva orientação da textura. Alguns dos objectos contêm cortes na textura, resultados da otimização na fase de modelação e marcas dos respetivos *seams* aplicados ao objeto, estes artefactos não serão tão visíveis após a aplicação da textura original juntamente com o *Lightmap*.

#### **4.4. Criação e conversão de Texturas**

Uma das fases mais importantes na construção de objectos tridimensionais é a texturização, nesta etapa são usadas as imagens com a informação dos UVs como base para a construção das respectivas texturas.

Em questões de otimização, esta é também uma das fases mais críticas, uma vez que as texturas não só ocupam grande espaço em disco, como também em memória. Mais uma vez é usada a metodologia da relação dimensão do objecto e importância histórica como base para a atribuição do tamanho da textura. As texturas usadas em motores de jogo devem ter tamanhos relativos a potências de  $2^n$ , por questões de otimização. Caso a

textura tenha dimensões diferentes, o motor de jogo vai adaptar o tamanho da textura para um valor correcto, dependendo assim recursos desnecessários e por vezes criando artefactos resultantes do dimensionamento da textura.<sup>78</sup> Seguem exemplos de texturas com tamanhos correctos usadas na construção de ambientes virtuais em tempo real.

Texturas quadradas:

- 512x512
- 1024x1024

Texturas rectangulares:

- 512x1024
- 256x1024

Existem diferentes tipos de texturas usadas em motores de jogos, entre elas as mais comuns são: difusa, especulares, normais, *bump*<sup>79</sup>, *ambient occlusion*<sup>80</sup>, *lightmaps*<sup>81</sup>, *shadowmaps*<sup>82</sup> e emissão. Para este projecto apenas foram usadas texturas difusas, especulares e normais (os *lightmaps* e *shadowmaps* são também usados numa fase final e discutidos na etapa seguinte). A textura difusa é a responsável pela cor do objecto, ou seja, deve conter todos os detalhes e informação do material para que facilmente seja identificado. Para a construção de texturas difusas foi usado o *software* Photoshop, considerado um standard na área e proprietário de inúmeras ferramentas de manipulações de imagem. Após a importação da imagem *UV*, são usadas as texturas de referência para a formação da base da imagem, nesta fase única e exclusivamente são usadas ferramentas de recorte e distorção para encaixar as imagens de referência em cima das margens definidas pelos *UV* do objecto. Após a colocação das imagens ajustam-se as diferentes *layers*<sup>83</sup> com a ferramenta Clone, de forma a ficar com transições mais suaves entre as várias imagens. Por vezes é necessário efetuar correções de cor, caso as imagens tenham contrastes e iluminações diferentes (usual em fotos com flash). Com todas estas operações concluídas ficamos com a base difusa para texturizar o objeto, que pode ainda ser complementada com uma textura de *ambiente occlusion* que adiciona uma base aproximada de iluminação.

---

<sup>78</sup> <http://www.katsbits.com/tutorials/textures/make-better-textures-correct-size-and-power-of-two.php>, acessido em 16 de Julho de 2013

<sup>79</sup> Textura de rugosidade em escala de cinza

<sup>80</sup> Textura com informação de luz aproximada, usualmente designada por *AO*

<sup>81</sup> Textura que contem a informação de luz

<sup>82</sup> Textura com informação das sombras

<sup>83</sup> Camadas de imagens sobrepostas, no *software Photoshop*

Este género de textura é calculada por um software de computação gráfica, neste caso o *Blender*. A imagem seguinte ilustra o resultado da multiplicação da textura difusa com a textura de AO de uma das portas do Claustro efetuada no Photoshop.



**Figura 37 – Textura difusa multiplicada pela textura de *ambient occlusion* e o resultado final**

Foram criadas também texturas *Tileable* (repetível) onde é selecionado uma zona representativa da imagem com pequenas variações de contraste e cor e é depois editada de forma a ser replicada ao longo de uma grande superfície. Para este processo são usadas as ferramentas de clone e *offset*<sup>84</sup>.

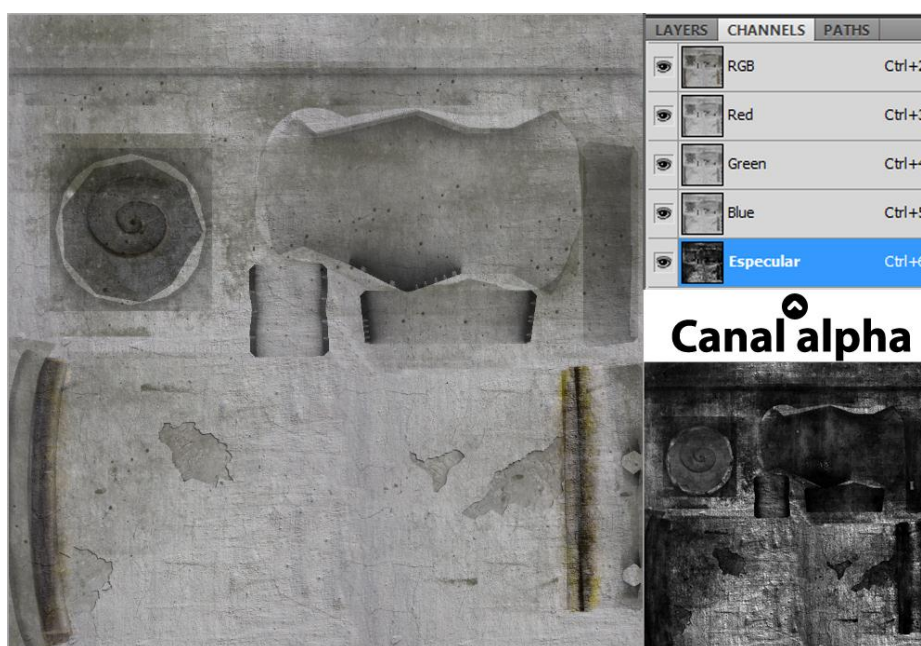


**Figura 38 – Textura repetível de pedra (esquerda), objeto com repetição de textura**

Concluída a textura difusa é possível gerar tanto a textura especular como a textura normal para o mesmo objeto, para este processo existem varias alternativas viáveis. Na maioria dos casos, esta foi a solução adotada, converteu-se a textura difusa numa versão em escalas

<sup>84</sup> Efectua um deslocamento na imagem em 2 eixos para correção das margens

de cinza, em que preto significa que não existe qualquer tipo de brilho no material e branco o oposto. Para o ajuste da textura especular é necessário ter informação sobre as várias características dos materiais na vida real, no nosso caso a maioria dos materiais são de pedra ou madeira, no caso da pedra a componente especular é muito pequena, exceto quando a pedra esta molhada, já na madeira devido ao tratamento de verniz é muito comum ter uma especularidade bastante elevada. Para evitar que cada objeto em cena necessite de 3 imagens para a definição do material, o *Unity* apresenta uma solução otimizada que consiste em colocar a informação da textura especular no canal *alpha*<sup>85</sup> da textura difusa, deste modo podemos exportar ambas as texturas num único ficheiro *\*.png* (ou qualquer outro ficheiro que suporte canal *alpha*) para o motor, reduzindo o tamanho final do projeto. A seguinte imagem mostra o exemplo da textura da coluna principal do primeiro andar do Claustro, que contem a textura difusa (esquerda) e a textura especular no canal *alpha*.



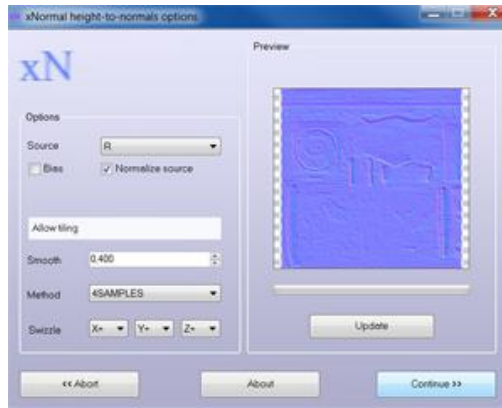
**Figura 39 – Textura difusa mais textura especular no canal *alpha***

Para a criação das texturas normais, foi usado o *plugin*<sup>86</sup> *xNormal*<sup>87</sup> para o Photoshop, que possibilita a conversão directa de uma textura difusa para uma textura normal como podemos observar na seguinte ilustração.

---

<sup>85</sup> Canal responsável pela transparência de uma imagem

<sup>86</sup> Extra funcionalidade para um determinado *software*



**Figura 40 – Plugin *xNormal* para o software *Photoshop***

Este método possibilita a criação de texturas normais de forma fácil e rápida, é extremamente útil para reproduzir pequenos relevos em pedra ou madeira, porém a imagem apenas contém a informação das normais de pequenos detalhes, não é possível visualizar formas arredondas ou superfícies vincadas usando este método. Por este motivo para o objecto mais proeminente do Claustro, as colunas do primeiro piso, foi usada uma técnica de passagem da informação das normais para textura, através do uso de dois objectos: *Highpoly* e *Lowpoly*. Primeiro é criado um objecto com uma malha densa que contenha todas as características principais do objecto em causa, nesta fase não é importante ter em consideração a informação relativa ao material. Após construído o objecto *Highpoly* podemos começar a modelar o modelo simplificado tentando igualar a forma e volume do objecto tendo em conta a técnica de silhuetas previamente referida. Tendo ambos os objectos construídos é necessário atribuir um mapeamento ao objecto *Lowpoly* para que possa ser renderizada a informação das normais para a respectiva textura. Os raios que determinam a informação de cada uma das normais são emitidos do objecto *Highpoly* para o objecto *lowpoly* que por sua vez são transferidos para a respectiva textura, chama-se a este método *Bake normals*. Para que a informação seja passada de um objecto para o outro com a mínima margem de erro possível, eles devem ser sobrepostos antes de efectuar o *bake*. A seguinte ilustração exemplifica o modelo no qual foi utilizada esta técnica.

---

<sup>87</sup> Software Freeware de criação de texturas

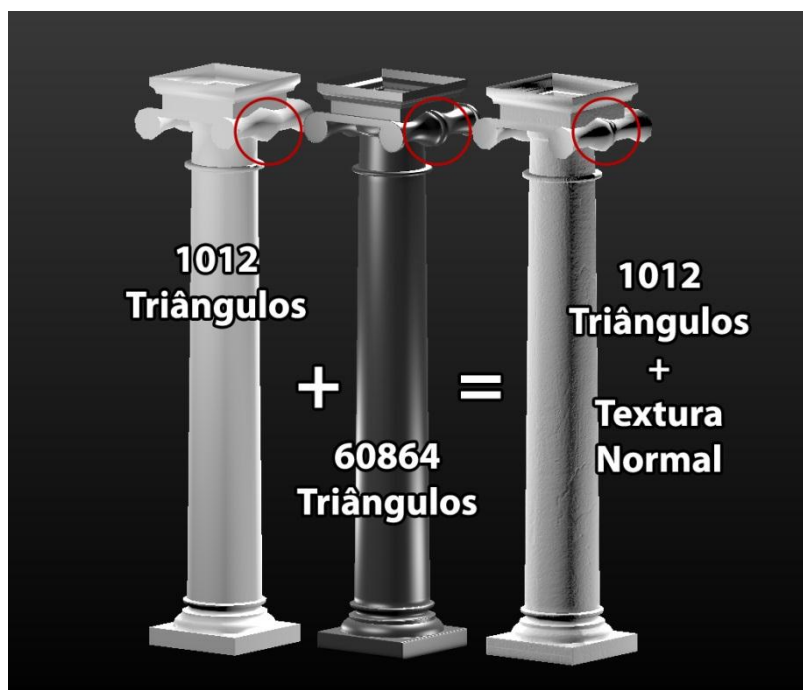


Figura 41 – Coluna *lowpoly* (esquerda), coluna *highpoly* (centro) e coluna *lowpoly* com textura normal aplicada

Em relação a rugosidade da pedra que é possível observar na ilustração, é usada a primeira técnica de conversão directa de textura difusa para normal e o resultado é multiplicado pela textura resultante do *bake*, semelhante a técnica usada com as texturas difusas e *ambient occlusion*, desta forma obtemos um objecto final com uma geometria simplificada e com detalhes de um objecto mais pormenorizado. Este processo porém pode consumir muito tempo até que sejam obtidos bons resultados, por esse motivo foi apenas usado para a criação da Coluna para exemplificação no projecto.

#### 4.5. *Lightmaps Bake*

Os *lightmaps* são um tipo específico de textura que pode ser criada de forma automática pelo *Unity* com o objectivo de simular uma iluminação real em tempo real, que de outro modo seria impossível de obter<sup>88</sup>. Para isso o *software* simula a iluminação global (os vários saltos da luz nas superfícies), bem como as sombras projectadas pelos objectos e elabora uma única textura com toda essa informação, que é usada em simultâneo com as

---

<sup>88</sup> Fonte: <http://docs.unity3d.com/Documentation/Manual/LightmappingInDepth.html>, acedida a 24 de Setembro de 2013

restantes texturas de forma a elevar o realismo da cena. É possível também usar a cor de céu como influencia na geração da textura.

Este processo pode ser extremamente dispendioso dependendo das configurações feitas, para efeito de teste o número de saltos de luz e número de raios deve ser mantido nos valores mínimos. Outra forma de aumentar a qualidade do *lightmap* é aumentando o tamanho da textura, que do ponto de vista de optimização não é aconselhado. No presente caso do Claustro e tendo em conta que o espaço é fechado, usamos uma única textura *lightmaps* para toda a cena com resolução de 2048x2048.



**Figura 42 – Teste de *Lightmap* (Tempo de render: 5 horas)**

É possível observar na figura 25 as sombras projectadas pelas colunas do piso inferior, o teto iluminado pela luz indirecta reflectida pelo chão, bem como os cantos mais escuros devido a falta de luz (directa e indirecta)

#### **4.6. Pós-produção**

Os efeitos de pós-processamento são usados numa fase final do projecto com a finalidade de aumenta a qualidade geral da aplicação. São calculados no topo da imagem final capturada pela câmara e podem aumentar o tempo de processamento

consideravelmente. Por esse motivo este tópico faz apenas referência a versão desktop do projecto, sendo que qualquer tipo de efeito de pós-processamento em dispositivos móveis não é considerado viável do ponto de vista de processamento e otimização.

O *Depth of field* é um efeito de pós-processamento simula as propriedades da lente das máquinas fotográficas e de filmar<sup>89</sup> e chama atenção ao utilizador a focar-se num objecto específico. No caso específico do nosso projecto foi usado para criar um efeito mais realista e cinematográfico usado de forma subtil.



**Figura 43 – Exemplo de foco no plano de fundo e proximidade<sup>4</sup>**

Usamos também o *Bloom*, um efeito óptico que cria a partir de uma fonte luminosa um género de foco de luz que se estende pelos objectos mais próximos. Para além disso, cria também luzes usualmente criadas nas lentes das câmaras de filmar/fotográficas que ajudam a atingir fotorrealismo.<sup>90</sup>

---

<sup>89</sup> Fonte: <http://docs.unity3d.com/Documentation/Components/script-DepthOfFieldScatter.html>,  
acedido em 17 de Setembro de 2013

<sup>90</sup> Fonte: <http://docs.unity3d.com/Documentation/Components/script-Bloom.html>,  
acedido em 17 de Setembro de 2013





Figura 44<sup>21</sup> – Efeito de *Bloom* com *Anamorphic Lens Flares* azul

Para finalizar o aspecto geral da aplicação foram adicionados mais 2 efeitos de pós-processamento: *Vignette* e *Antialiasing*. O primeiro escurece apenas os cantos da câmara que mais uma vez ajuda o utilizador a focar o seu interesse no centro do ecrã. O segundo desfoca de forma subtil as arestas dos vários objectos renderizados de forma a não ser tão visível o efeito de escada provocado pela rasterização da imagem para os pixéis do ecrã.



Figura 45 – Exemplo de efeito *Vignette*<sup>91</sup>

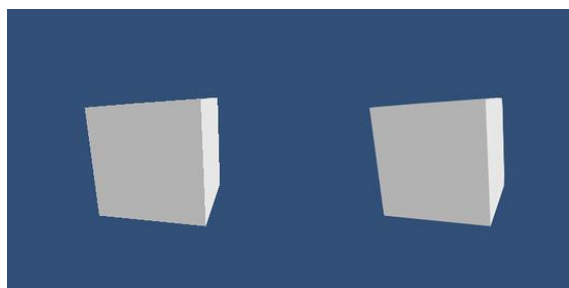


Figura 46 – Exemplo de efeito *Antialiasing*<sup>92</sup>

#### 4.7. Conversão para Android

Após o projeto estar criado para a versão de computador, criamos uma versão para *Android*<sup>93</sup> do mesmo. Existem algumas considerações que se deve ter em conta para esta

---

<sup>91</sup> Fonte: <http://docs.unity3d.com/Documentation/Components/script-Vignetting.html>, acessido a 17 de Setembro de 2013

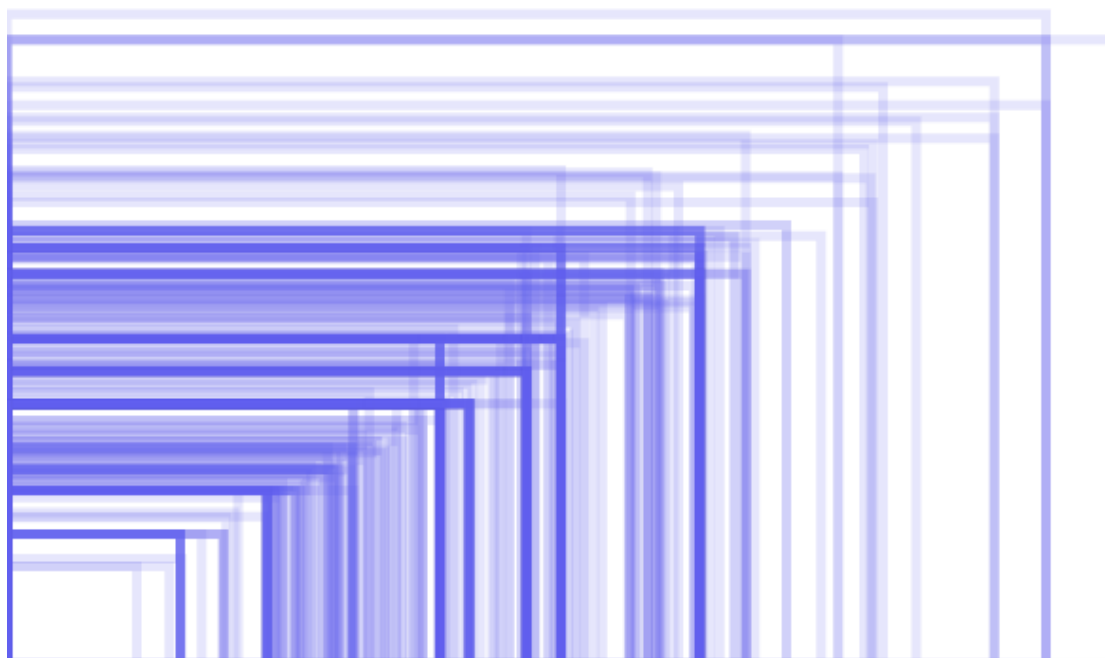
<sup>92</sup> Fonte: <http://docs.unity3d.com/Documentation/Components/script-AntialiasingAsPostEffect.html>, acessido a 17 de Setembro de 2013

<sup>93</sup> Sistema operativo para dispositivos móveis criado pela *Google*

conversão, como o número de *Drawcalls*<sup>94</sup> que existem em cena, o número de polígonos e texturas utilizadas pelos objetos, bem como o tipo de navegação a ser utilizada.

O motor de jogo em causa permite a exportação para as várias plataformas móveis (*Android, IOS, Windows 8 e Blackberry*), mas apenas a plataforma *Android* foi usada nesta primeira fase do Projeto. Para criação de aplicações IOS é obrigatório o uso de um computador Mac e registo na página: [developer.apple.com](http://developer.apple.com).

Para simplificar este processo, consideramos como especificação mínima *tablets* com a versão 4.0 ou superior do sistema operativo *Android* e visualização horizontal fixa. Para efeitos de demonstração o interface gráfico foi desenhado para o modelo *Samsung GALAXY Note 10.1 4G*, evitando assim a necessidade de redimensionar o interface para as várias resoluções disponíveis devido a grande diversidade de dispositivos.



**Figura 47 - Fragmentação de resoluções de dispositivos moveis Android<sup>95</sup>**

Cada objeto no espaço 3D representa um desenho no ecrã, embora os computadores de hoje em dia consigam reproduzir com facilidade 200-500 *Draw calls*, o mesmo não acontece com os *Tablets* que tendo em conta a especificações medias, são sugeridos 100-200 *drawcalls*. Para reduzir o número de *draw calls* em cena, podemos agrupar todos os

---

<sup>94</sup> Processo criado por um motor gráfico para desenhar um objecto no ecrã

<sup>95</sup> Fonte: <http://opensignal.com/reports/fragmentation.php>, acedido em 19 de Setembro de 2013

objetos que partilham os mesmos materiais, este processo é extremamente útil para objetos como as colunas, que partilham as mesmas texturas e geometria. No entanto é necessário gerar as malhas de colisão (*mesh colliders*) manualmente.

Para diminuir o consumo de memória RAM diminuámos o tamanho das texturas e retirámos as componentes especulares e normais dos materiais, pois os *tablets* apresentam uma limitação em relação ao uso de *lightmaps*, apenas podem ser usadas texturas difusas em simultâneo com os *lightmaps*.

Os controlos para a visita tiveram de ser também modificados, tendo em conta que a maioria dos *tablets* não têm teclados, foi necessário modificar o interface gráfico de modo a ter acesso aos controlos direccionais da personagem (*joystick* esquerdo) e movimentação da câmara (*joystick* direito).

Após efectuar vários testes com a aplicação e corrigir vários erros de programação é necessário o download do *SDK*<sup>96</sup> *Android* para prosseguir com a exportação. Este pode ser facilmente transferido da página oficial<sup>97</sup> que o próprio Google disponibiliza *online* sem necessidade de registo prévio. Concluída a configuração de exportação para *Android* é apenas necessário enviar o ficheiro *\*.apk*<sup>98</sup> criado pelo *Unity* para o respectivo dispositivo.

#### **4.8. Interface gráfico e interatividade**

Neste tópico iremos descrever as opções criadas a nível de programação e interface gráfico usado na construção da viagem virtual ao Claustro do Museu de Aveiro.

A versão exportada de *Unity* para *web browser* necessita do *Unity player* (instalação semelhante ao *Flash player*) para que a aplicação seja executada.

O interface inicia com um menu principal, onde o utilizador pode iniciar a visita ou obter informações sobre o funcionamento e actuais actividades do Museu Físico (exposições, preço da visita, horário de funcionamento entre outros), bem como aceder aos créditos da aplicação onde é explicado o âmbito do projecto criado.

---

<sup>96</sup> Kit de desenvolvimento de *software*

<sup>97</sup> Pagina oficial: <http://developer.android.com/sdk/index.html>

<sup>98</sup> Ficheiro de instalação em dispositivos com sistema operativo *Android*



**Figura 48 – Ecrã Principal da Aplicação da Visita Virtual**

Quando selecionamos a opção “Visita Virtual” entramos numa nova interface que disponibiliza os controlos usados para movimentar a personagem e a respetiva câmara de forma intuitiva e ilustrada, enquanto os ficheiros da aplicação (visita virtual) estão a ser descarregados. Desta forma, usando 3 interfaces intermédias possibilita através da tecnologia do *Unity*, aceder com maior rapidez ao ecrã principal (cena 1), dando feedback direto ao utilizador sem necessidade de ficar tanto tempo a espera de carregamento da aplicação total. Enquanto o utilizador se encontra na primeira cena o carregamento da segunda já está a ser processado e o mesmo acontece em relação a segunda para a terceira cena. Mas neste ultimo caso, disponibilizámos a frente do “loading” a indicação da percentagem descarregada da visita, de forma a dar *feedback* ao utilizador do tempo de espera necessário, tendo em conta a sua ligação de internet.

A figura que se segue apresenta a informação que é apresentada ao utilizador para controlo na aplicação, durante o carregamento da visita virtual.

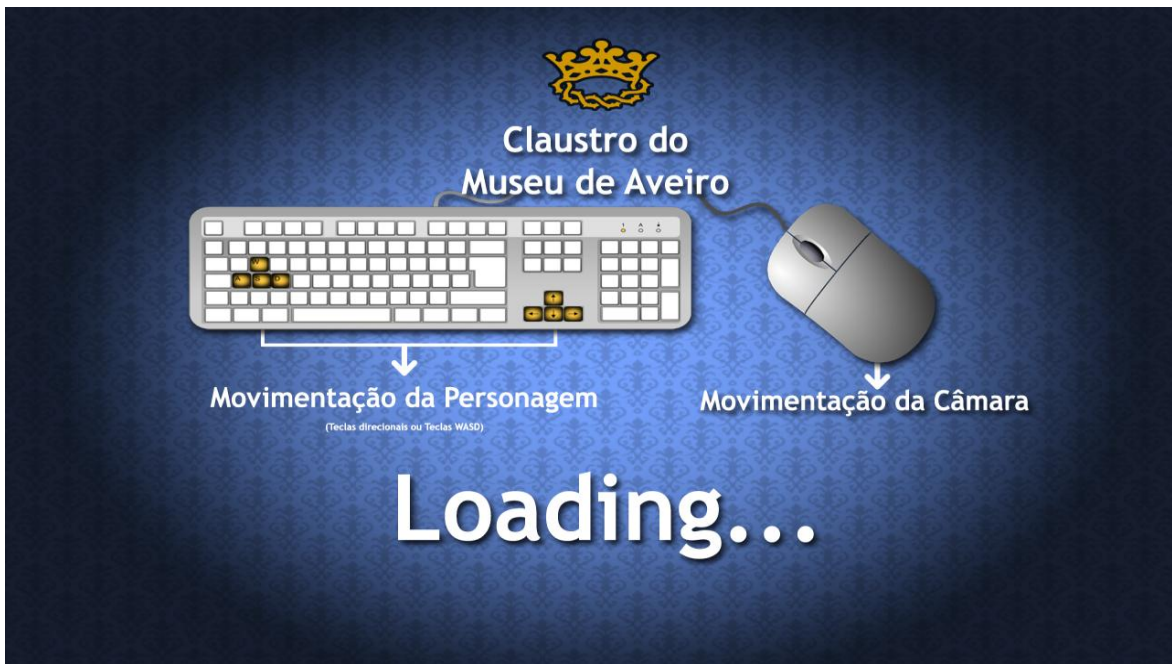


Figura 49 – Ecrã de *Loading* da aplicação

O tipo de controlos escolhido, foi o *First Person Control*, usada na maioria em jogos *FPS* (*First person shooter*), com as teclas direcionais a personagem movimentasse para a frente, traz, direita e esquerda e com o rato as respetivas movimentações de câmara. Este género de controlo permite mais liberdade de movimentos ao utilizador embora necessite de algum tempo de adaptação por parte do utilizador.

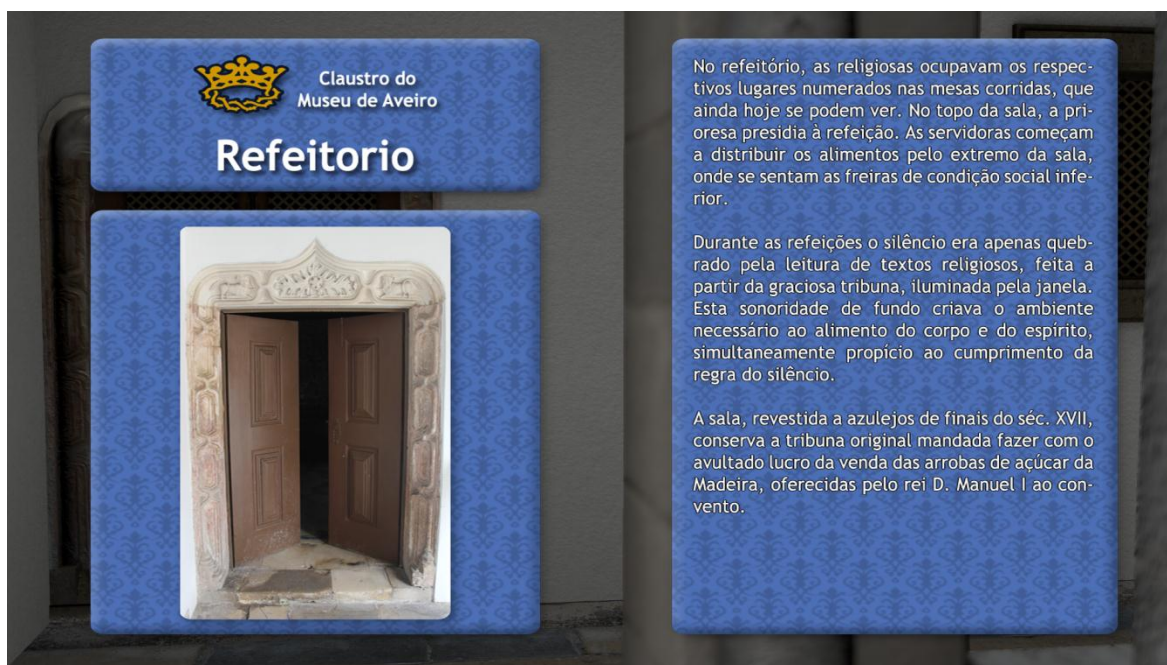
Entrando na visita virtual, a personagem é colocada no centro do Claustro junto a fonte onde pode iniciar a viagem e observar os vários pontos de interesse que lhe são disponibilizados.

Para além de uma visita virtual, desde de o início do projeto, um dos grandes objetivos era dar a conhecer o espaço do Claustro do Museu de Aveiro com informações relevantes de cada um dos objetos que o constituem. Para isso disponibilizamos na aplicação um ícone que possibilita ao visitante obter informações históricas sobre os vários elementos do Claustro. Foi criado um script em C#<sup>99</sup> no *Unity* que na proximidade de um objeto interativo alerta o utilizador de que pode obter mais informações ao pressionar o botão esquerdo do rato. Após o utilizador selecionar esta opção é lhe apresentado um novo ecrã sobreposto a visita, que permite ver imagens reais do objeto em causa, bem como

---

<sup>99</sup> Linguagem de programação orientada a objectos

informações históricas disponibilizadas pelo Museu. Caso o utilizador se afaste do local, automaticamente esta informação é retirada e a visita continuará normalmente ou pode manualmente ocultar essa mesma informação carregando novamente na mesma tecla.



**Figura 50 – Interface Gráfica para visualização de informação adicional sobre os objetos do Museu**

O método como o Script foi criado, usando variáveis globais no *Unity*, possibilita o seu uso em todos os objetos dinâmicos dentro do espaço virtual, desta forma necessitamos apenas de “arrastar”(*drag-and-drop*) o Script para a área de colisão (criada previamente) que desejamos para a visualização da informação do objeto e “arrastar” as respetivas imagens dessa mesma informação. O uso do mesmo Script em objetos diferentes é interpretado pelo *Unity* como uma referência que pode ser personalizada individualmente com a substituição das variáveis globais.

A construção do interface gráfico foi elaborada de forma provisória como *placeholder* para uma futura implementação mais otimizada, que será debatida com os responsáveis do Museu e de acordo com o respetivo *design* da futura plataforma *web* do Museu. Após a criação do interface gráfico damos por concluída a fase de implementação do protótipo.

Durante todo este capítulo foram explicados os principais conceitos para a criação de aplicações 3d interativas, no entanto existiram inúmeras dificuldades e limitações no desenvolvimento da aplicação que são debatidas no capítulo final das conclusões.

## 5. Conclusões e perspectivas de investigação futura

Existem varias aplicações virtuais museológicas disponíveis na internet, cada uma com as suas características e tecnologias específicas, mas todas elas têm um ponto em comum, dar a conhecer um Museu e o seu património.

Este projeto tinha como objetivo principal a construção e restauro virtual do Claustro do Museu de Aveiro. Os objetivos foram cumpridos mas não na totalidade, ficaram por construir vários objetos do 2º piso, como portas e janelas com um grau de importância menor para a aplicação. Embora não significassem um aumento considerável de geometria na cena, iriam aumentar o número de *drawcalls* e memória usada pelas respetivas texturas. Segundo as referências bibliográficas e fotográficas da época existiam também vários vasos com plantas espalhados pelo Claustro, que deliberadamente não foram incluídos no projeto, pois necessitam de texturas com transparência que aumentão consideravelmente o processamento nos dispositivos moveis. A implementação do interface gráfico não foi devidamente otimizada, mas serve de *placeholder* para a futura implementação. Relativamente à versão para dispositivos móveis não existe opção para visualizar mais informações em relação aos objetos do Claustro, pois o sistema de controlo implementado usa todo o ecrã e entra em conflito com outros interfaces sobrepostos, para a resolução deste problema seria necessário uma nova implementação de sistema externo aos disponibilizados pelo *Unity*.

Foram realizadas várias viagens ao Museu de Aveiro de forma a retirar o maior número possível de fotos de referência e outras informações uteis para a construção e restauro do Claustro, ainda assim durante o desenvolvimento da aplicação algumas das imagens não apresentavam qualidade suficiente que limitou a própria qualidade final dos objetos. Ainda em relação a texturas e mapeamento, existem algumas zonas dos azulejos do Claustro que apresentam distorção de textura, resultante da fase de otimização na construção de geometria. No entanto são apenas perceptíveis a pouca distância.

Após alguns testes da aplicação em computadores com menor capacidade de processamento, verificamos que os efeitos de pós-produção reduziam o número de imagens por segundo do projeto, por esse motivo na versão final apenas são incluídos alguns dos que foram propostos inicialmente. Parte das dificuldades encontradas durante a elaboração do projeto são referentes as limitações do próprio *hardware* informático.



O mundo tridimensional tem vindo a evoluir ano após ano, mas ainda assim, existem imensas limitações do ponto de vista técnico, mais especificamente o número de polígonos que pode ser apresentado num ecrã, o número de objetos desenhados e a qualidade geral que pode ser atribuída aos objetos através de efeitos e texturas. Embora o futuro revele um decréscimo das limitações e mais ferramentas disponíveis para a criação de modelos tridimensionais, os objetos apresentados em tempo real usados na aplicação, tiveram de ser simplificados a um nível, que devido a razões técnicas, perderam grande nível de detalhe. O método usado para a construção das colunas do Claustro junta a simplicidade da malha final do objeto com os detalhes do modelo mais pormenorizado, contudo o tempo disponível para a elaboração da aplicação não permitia que este método fosse usado para todos os objetos existentes no Claustro. Já para a visualização em vídeo existem várias ferramentas que aumentam o detalhe da geometria no entanto o nível de interação e liberdade de movimento é ausente neste tipo de media.

O projeto desenvolvido visa ser integrado na futura plataforma *Web* do Museu de Aveiro com o intuito de cativar novos públicos a visita virtual e física, possivelmente também a integração da versão *Android* na respetiva loja de *apps* do Google que será disponibilizada de forma gratuita, abrindo novas perspetivas em relação ao mercado mobile. Com as principais bases da visita construídas a implementação de novas funcionalidades e exportação para diferentes plataformas poderão ser mais-valias no futuro desenvolvimento do projeto.

Com base nestes pressupostos será também importante a constante divulgação de informação nas várias plataformas sociais disponíveis na internet bem como avaliar a possibilidade de criar funcionalidades que permitam ao próprio utilizador efetuar estas mesmas tarefas diretamente na aplicação, aumentando a rede de partilha e divulgação.

A expansão da visita não foi colocada de lado, um dos objetivos futuros será a construção das diferentes salas adjacentes ao Claustro e a possível integração de personagens que ajudem a caracterizar o momento temporal e a narrativa da visita. Este objetivo porém, é um processo demorado e aumenta consideravelmente o tamanho da aplicação tendo em conta que será necessário incluir sons e novas texturas que não podem ser reutilizadas para outros objetos.

Outro tópico interessante que deverá ser debatido, é a possibilidade de incluir várias línguas disponíveis para apresentação de conteúdo, que pode ser uma alteração

relativamente simples e alarga as nacionalidades no qual a aplicação pode ser divulgada. Para além da expansão da aplicação e criação de novas funcionalidades, existem outras tecnologias que poderão ser viáveis para futuras investigações na área da museologia.

As novas tecnologias de digitalização e impressão tridimensional são conceitos que já existiam mas apenas agora se tornam totalmente acessíveis ao público geral e potenciam uma grande reviravolta na indústria. O tópico Digitalização de Património é cada vez mais falado e vários projetos financiados começam a surgir para este efeito, envolvendo não só a área da museologia mas também arqueologia entre outras, possibilitando especialistas e estudantes de várias áreas a partilha de conhecimento e os próprios objetos de investigação entre grandes distâncias. Este tópico será interessante para uma investigação futura, na área da museologia, uma vez que as alternativas mais acessíveis do ponto de vista monetário, produzem cada vez melhores resultados e disponibilizam ferramentas para fácil e rápida correção dos erros, que outrora tornavam esta tecnologia obsoleta.

## 6. Bibliografia

Arquivo Nacional da Torre do Tombo (ANTT, 2013). *Processos de extinção das casas religiosas femininas em Portugal - Arquivo Nacional da Torre do Tombo*. Disponível em <http://digitarq.dgarq.gov.pt/details?id=4224345>. Acedido em 17 de Abril 2012

Baião, J. (2009). *Museus de museus. Uma reflexão. Proposta para uma definição* (Dissertação de Mestrado). Universidade Nova de Lisboa. Faculdade de Ciências sociais e Humanas

Bowen, J. P. (2010). A Brief History of Early Museums Online. *Journal for the History and Philosophy of Science and Technology*. Acedido em <http://rutherfordjournal.org/article030103.html>

Bylund, M., & Espinoza, F. (2001) Using Quake III Arena to simulate sensors and actuators when evaluating and testing mobile services. In *Extended abstracts of the ACM conference on human factors in computing systems (CHI 2001)* (pp. 241-242.). Seattle, Washington.

Cameron, F., & Kenderdine, S. (Eds.) (2007). *Theorizing digital cultural heritage a critical discourse, Media in transition*. Cambridge [etc.]: MIT Press.

Cavazza, M., Charles, F. J., & Mead, J. S. (2002). Emergent situations in interactive storytelling. In: *Proceedings of the 17th ACM symposium on applied computing (SAC 2002)* (pp. 1080-1085). Madrid, Spain.

Chao, D. L. (2001). Doom as an interface for process management. In: *Proceedings of the ACM conference on human factors in computing systems (CHI 2001)* (pp. 152-157). Seattle, Washington.

Coelho, P. (2010). *A construção de visitas virtuais 3D: O caso do Museu de Aveiro* (Dissertação de mestrado). Universidade de Aveiro. Departamento de Comunicação e Arte, Portugal.

Costa, M. (2011). *Museus e educação no período do “Estado Novo”*: o papel de João Couto (1928 – 1964). *Idearte – Revista de Teorias e Ciências da Arte*. Disponível em <http://pam-patrimonioartesemuseus.com/profiles/blogs/museus-e-educacao-no-periodo-do-estado-novo-o-papel-de-joao-couto>, Acedido em 28 de Maio de 2013

Freudenberg, B., Masuch, M., Rober, N., & Strothotte, T. (2001). The computer-visualistik-raum: veritable and inexpensive presentation of a virtual reconstruction. In: *Proceedings of the conference on virtual reality, archaeology, and cultural heritage (VAST 2001)*, Athens, Greece.

Henriques, R. (2004). *Museus virtuais e Cibermuseus: a internet e os museus* (Dissertação de mestrado). Lisboa. Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologia. Portugal.

Huhtamo, E. (2002). *On the Origins of the Virtual Museum*. Virtual Museums and Public Understanding of Science and Culture.

Internacional Council of Museums (ICOM, 2001). Disponível em <http://icom.museum>. Acedido em 16 Dezembro 2012.

Instituto dos Museus e da Conservação (IMC, 2012). Disponível em [www.ipmuseus.pt/pt-PT/Default.aspx](http://www.ipmuseus.pt/pt-PT/Default.aspx). Acedido em 12 Dezembro 2012.

Jacobson, J. (2003). Using “CaveUT” to build immersive displays with the Unreal Tournament engine and a PC cluster. In: *Proceedings of the ACM symposium on interactive 3D graphics (SI3D 2003)*. Monterey, California.

Lepouras, G., Charitos, D., Vassilakis, C., Charissi, A., & Halatsi, L. (2001). Building a VR-museum in a museum. In: *Proceedings of the 3<sup>rd</sup> virtual reality international conference (VRIC 2001)*, Laval, France

Lepouras, G., & Vassilakis, C. (2004). Virtual museums for all: employing game technology for edutainment. *Virtual Reality*, 8(2), 96-106

Lewis M, Jacobson J (2002) Game engines in scientific research. *Commun ACM* 45(1):27–31

Morar, S. S., Macredie, R. D., & Cribbin, T. (2002). An investigation of visual cues used to create and support frames of reference and visual search tasks in desktop virtual environments. *Virtual Reality*, 6(3), 140-150

Portal d'Aveiro (2013). Disponível em [www.aveiro.co.pt/categoria.aspx?categoria=museus](http://www.aveiro.co.pt/categoria.aspx?categoria=museus). Acedido em 13 de Maio de 2013

Ranon, R. (2005). 3D Virtual Museums. Hci Lab, University of Udine, Italy. Disponível em <http://euindia.dimi.uniud.it/punefiles/3dVirtualMuseums.pdf>. Acedido em 6 de Junho de 2013

Sideris, A., Roussou, M. (2002) Making a new world out of an old one: in search of a common language for archaeological immersive VR representation. In: *Proceedings of the 8th international conference on virtual systems and multimedia (VSMM 2002)* (pp. 31-42). Gyeong-ju, Korea.

Spalter, A. M., Stone, P. A., Meier, B. J., Miller, T. S., Simpson, R. M. (2000). Interaction in an IVR museum of color: constructivism meets virtual reality. In: *Proceedings of the 27th international conference on computer graphics and interactive techniques (SIGGRAPH 2000)*. New Orleans, Louisiana

Soares, B. (2008). *O reencontro com o humano no Museu contemporâneo*. (Dissertação de Mestrado) Universidade Federal do Rio de Janeiro. Centro de Ciências Humanas e Sociais

Sousa, C. (2011). *Implementação de Exposições Virtuais em Ambiente Tridimensional em Museus de Ciência e Técnica* (Dissertação de mestrado). Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Sylaiou, S., Liarokapis, F., Sechidis, L., & Patias, P. (2005). *Virtual museums: first results of a survey on methods and tools*. Georgoula (Greece): Aristotle University of Thessaloniki. Disponível em <http://cipa.icomos.org/fileadmin/template/doc/TURIN/1138.pdf>. Acedido em 2 de Junho de 2013

Sylaiou, S., Liarokapis, F., Kotsakis, K., Patias, P. (2007). *Virtual museums, a survey and some issues for consideration*. Inter-departmental Postgraduate Program of School of Technology 'Protection, Conservation and Restoration of Cultural Monuments'. Disponível em [http://cgit.nutn.edu.tw:8080/cgit/PaperDL/WSY\\_110117102938.PDF](http://cgit.nutn.edu.tw:8080/cgit/PaperDL/WSY_110117102938.PDF). Acedido em 2 de Junho de 2013

Telma, T. (2008). *Arquitetura como fator de interação no design de museus virtuais* (Dissertação de mestrado). Brasil. Universidade Federal do Paraná