

# VRML... porque não?

Alexandrino Gonçalves  
Escola Superior de Tecnologia e Gestão  
do Instituto Politécnico de Leiria  
alex@estg.ipleiria.pt

António José Mendes  
Centro de Informática e Sistemas da  
Universidade de Coimbra  
toze@dei.uc.pt

---

## Resumo

O VRML surgiu da ambição em projectar a *World Wide Web* para um outro nível, o nível tridimensional. No entanto, e mesmo sem grandes alternativas, o VRML não é muito utilizado. De facto, o número de trabalhos/projectos disponíveis na Web que utilizam esta linguagem é mais baixo do que o que seria de esperar. Será que isso deriva das características e funcionalidades do próprio VRML?

O Fórum Flaviano de Conimbriga, um dos monumentos mais emblemáticos da antiga cidade romana de Conimbriga, serviu de base ao trabalho apresentado neste artigo. O nosso objectivo foi disponibilizar uma reconstrução virtual desse monumento, mas fazê-lo de forma a torná-la acessível a qualquer pessoa, nomeadamente através da Web, contribuindo para uma verdadeira democratização do saber.

Normalmente quando se pretendem criar ambientes tridimensionais na Web há três conceitos aparentemente incompatíveis entre si: realismo, desempenho e dimensão do(s) ficheiro(s). No entanto, através da linguagem utilizada no desenvolvimento deste trabalho, o VRML, e tirando partido das suas potencialidades, principalmente ao nível da optimização, conseguiu-se aliar esses três conceitos num só trabalho:

- Realismo: comprovado por especialistas, particularmente pelo Director do Museu Monográfico de Conimbriga;
- Desempenho: funciona perfeitamente num qualquer equipamento informático doméstico adquirido nos dias de hoje;
- Dimensão dos ficheiros: o principal e único ficheiro VRML ocupa apenas 22 KB, e o trabalho na sua totalidade (com as texturas), não ultrapassa os 150 KB.

Por estes resultados, este trabalho está disponível na Web em: <http://lsm.dei.uc.pt/forum>.

## Expressões-chave

VRML, Optimização, Realismo, Desempenho, Dimensão dos ficheiros

---

## 1. INTRODUÇÃO

Paralelamente aos desenvolvimentos iniciais da Internet, surgiu também o conceito de ambiente virtual. A ideia é permitir às pessoas interagir com determinado ambiente, seja ele um museu ou um monumento já desaparecido, sem terem de sair de suas casas. Este conceito, aliado à expansão da *World Wide Web* e em consonância com as crescentes solicitações de projectar a Web para outro patamar (tridimensional), levou à criação do VRML (*Virtual Reality Modeling Language*).

O entusiasmo inicial com o aparecimento desta tecnologia, foi perdendo fulgor até aos dias de hoje, sendo actualmente o VRML uma tecnologia pouco utilizada.

Não existindo para já uma alternativa sólida (na Web), quais os motivos de tal facto? Provavelmente devido a estes três conceitos aparentemente incompatíveis: realismo, dimensão dos ficheiros e desempenho.

**Realismo:** sem ele, o ambiente virtual não é “competitivo” e o utilizador, agora visitante, não só não terá uma correcta percepção do espaço recriado, como não terá grande vontade de “lá voltar”.

**Desempenho:** se não proporcionar um movimento fluido num qualquer computador doméstico, limita fortemente o seu acesso pelos utilizadores finais.

**Dimensão do ficheiros:** se a mesma não for diminuta, o conseqüente tempo de espera para a sua transferência tornará inviável a sua disponibilização via Web.

Em nossa opinião, é a não conciliação destes três conceitos o grande responsável pela inexistência de mais trabalhos/projectos em VRML, redundando num desinteresse crescente por esta tecnologia. Mas, será que esta responsabilidade poderá ser imputada às características e funcionalidades do próprio VRML?

## 2. O CASO DE ESTUDO

O Fórum Flaviano de Conimbriga foi construído entre 75 e 80 D.C. numa das maiores e mais prósperas cidades do antigo Império Romano em território “Lusitano”, a cidade de Conimbriga. O Fórum Flaviano era, como a maioria dos fóruns romanos, um monumento imponente e majestoso, quer pelas suas dimensões (96m x 48m), mas também pelo seu requinte arquitectónico, resultando num dos espaços mais emblemáticos e representativos da antiga cidade de Conimbriga. Actualmente, tal como a cidade em si, o Fórum está em ruínas e praticamente destruído.

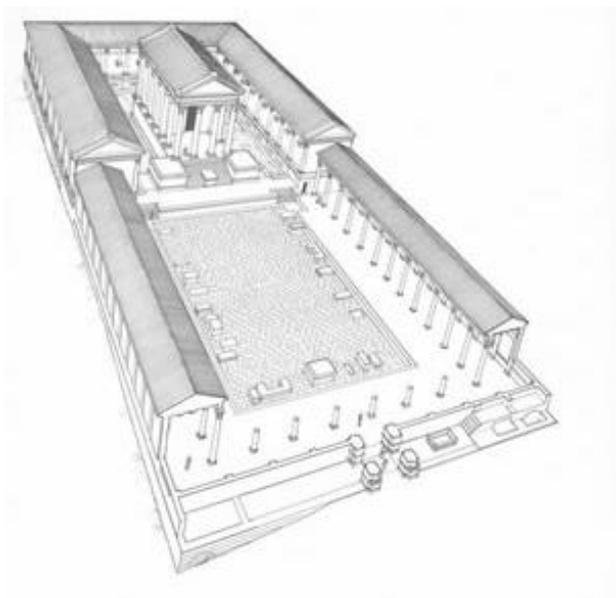


Fig. 1 O Fórum Flaviano de Conimbriga

O trabalho desenvolvido e apresentado neste artigo, teve como objectivo principal possibilitar a qualquer pessoa o desfrutar de uma visita interactiva, ainda que virtual, a este local representativo do património histórico e cultural de Portugal [Gonçalves, 2002].

Para tal, foi feita uma recriação tridimensional, o mais fidedigna possível (desde o número de degraus das escadarias, dimensões das lajes, padrões da época, cores, número de colunas e o seu correcto posicionamento, etc.) e à escala real do Fórum Flaviano de Conimbriga.

Uma nota para referir que este trabalho não teria sido possível, sem a colaboração directa do Museu Monográfico de Conimbriga, principalmente através do seu Director o Dr. Virgílio Correia.

## 3. A TECNOLOGIA

Como por vezes acontece, o acesso a estes paradigmas de visualização fica limitado a um grupo restrito de pessoas. Um dos objectivos deste trabalho visava a sua disponibilização a um maior número de pessoas possível. Pelas suas inúmeras potencialidades, que não é necessário aqui descrever, a *World Wide Web* surge como

um meio natural de difusão. É aqui que surge o VRML, dado que é a tecnologia standard para a publicação de conteúdos tridimensionais na Web.

Do processo de investigação e análise que se seguiu, cedo se percebeu a importância da conciliação dos três conceitos mencionados anteriormente, para a obtenção dos objectivos propostos. Foi assim, que um outro tipo de objectivos emergiram, estes de índole mais técnica e relacionados com a tecnologia que iria permitir “dar corpo” ao trabalho, o VRML. No caso foi dado especial enfoque às questões de optimização, para uma melhor e mais fluída navegabilidade e naturalmente à problemática da dimensão final do(s) ficheiro(s), de modo a minimizar o tempo de *download*.

## 4. ETAPAS DE DESENVOLVIMENTO

De seguida serão apresentadas as diversas etapas de desenvolvimento deste trabalho, cronologicamente encadeadas.

### 4.1 Investigação

Nesta fase, fundamental para os resultados finais obtidos, foi feita uma aprendizagem das características e reais potencialidades do VRML. Para numa etapa posterior se proceder à recolha de informação sobre as possibilidades e capacidades de optimização em VRML.

### 4.2 Ferramenta de Desenvolvimento

Apesar do VRML ser uma linguagem de sintaxe própria, que gera simples ficheiros de texto interpretados em tempo real pelo *browser*, existem aplicações que geram automaticamente o código VRML, libertando o autor dessa tarefa, podendo concentrar-se unicamente na concepção do espaço virtual. Pela possibilidade de implementação das questões de optimização já mencionadas, optou-se pela utilização de uma ferramenta de desenvolvimento que opera nativamente com o VRML, usufruindo desse modo das suas características. Por diversos motivos, a escolha recaiu na aplicação da Silicon Graphics, Cosmo Worlds 2.0.

### 4.3 Modelação

Partiu-se de seguida para a modelação das diversas superfícies geométricas pertencentes ao Fórum. Nessa modelação utilizou-se uma estratégia de “construção” modular e gradual, onde cada peça ou objecto era criado individualmente e em separado do ficheiro principal, e só posteriormente colocado na sua posição na cena, tal como peças de um puzzle. Nesta fase, foi dada particular atenção à existência de padrões geométricos repetitivos, pois tal facto permitia simplificar (e optimizar como se verá mais à frente) o processo de desenvolvimento, ao permitir modelar apenas um desses padrões geométricos e usar as propriedades do VRML para promover a sua repetição.



Fig. 2 Esta parede tem um padrão geométrico repetido

#### 4.4 Montagem

Logo após a modelação de cada componente do Fórum, foi-se procedendo ao seu exacto posicionamento na cena, em conjunto com as formas geométricas já alojadas. Para esse efeito, na fase anterior foi definida uma sequência de modelação, privilegiando em primeiro lugar os objectos adjacentes entre si, para nesta fase melhor aquilatar a evolução da “construção” do Fórum.

#### 4.5 Texturas

Pela sua importância para o resultado (visual) final, esta fase foi objecto de especial atenção e cuidado, desde a recolha de conteúdos à sua minuciosa manipulação gráfica. Eis uma breve descrição de algumas das texturas mais importantes usadas neste trabalho:

##### 4.5.1 Coluna

Esta foi, sem margem para dúvidas, a textura que mais tempo e atenção mereceu na sua concepção. Basta um simples olhar pelas plantas e desenhos do Fórum para perceber que as mais de 100 colunas existentes no recinto, bem como as características muito particulares do seu capitel<sup>1</sup>, poderiam ser condicionadoras do sucesso deste trabalho a dois níveis:

1. Desempenho geral do sistema: devido ao elevado número de colunas existentes;
2. Realismo: uma não correcta representação da ordem coríntia (ordem representativa das colunas do Fórum Flaviano de Conimbriga).

Após um cuidado trabalho de pesquisa e com recurso ao uso de transparências, obteve-se, segundo a opinião dos especialistas, uma coluna com um realismo bastante aproximado com a época em causa.



Fig. 3 Coluna do Fórum Flaviano de Conimbriga. Ordem coríntia representada no capitel da coluna

##### 4.5.2 Laje

As pedras com dimensões consideráveis (80cm x 60cm) que revestiam a praça, e não só, têm um importante impacto visual para quem entra no recinto através da entrada principal. Após diversos testes, fotografias (digitais) e manipulação gráfica, foi criada uma pedra cujas características visuais se aproximam, mais uma vez na opinião dos especialistas, com as existentes na época.



Fig. 4 Textura do lajeado da praça

##### 4.5.3 Parede

Esta pedra de aspecto rebocado também tem alguma importância, pela quantidade e dimensão das superfícies geométricas que deveriam ser revestidas com esta textura, que pela grande área de exposição, caracteriza de forma indelével a aparência geral do Fórum, pois onde quer que nos “encontremos” dentro do recinto, é a tonalidade cromática desta pedra que predomina. Mais

<sup>1</sup> Topo da coluna

uma vez e após sucessivos testes e análises se concebeu uma textura representativa da pedra rebocada da época.

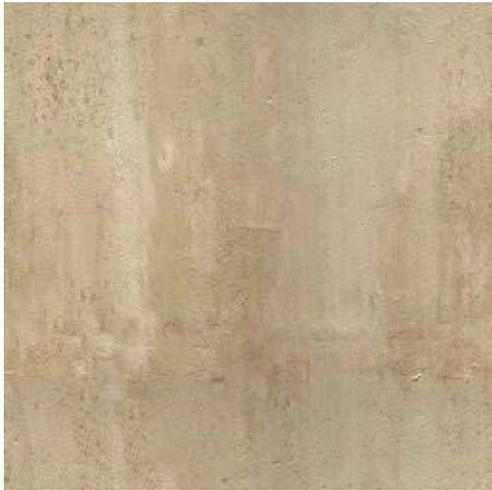


Fig. 5 Textura usada como padrão das paredes

#### 4.5.4 Frontão

Por forma a substituir, logo optimizando, umas centenas largas de polígonos, sem negligenciar o realismo, o frontão dos telhados foi obtido por intermédio de uma textura, mais uma vez com o recurso ao uso de transparências.



Fig. 6 Frontão dos telhados do Fórum

#### 4.5.5 Gradeamento

Dado não existirem exemplares, mesmo danificados, de uma parcela desse gradeamento, esta foi a única textura concebida de raiz para este trabalho. Também aqui foram utilizadas transparências, para que a visualização entre os elementos cruzados do gradeamento transmitisse um efeito mais realista.

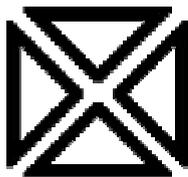


Fig. 7 Textura usada no gradeamento do Pórtico do Fórum

## 4.6 Coloração

Durante a elaboração das texturas fomos alertados pelos especialistas que, devido à erosão natural ocorrida ao longo dos séculos, as pedras existentes actualmente já não apresentam as tonalidades e cores originais. Assim, após a elaboração das texturas, foi aplicada, com o auxílio de uma ferramenta gráfica, uma coloração que os especialistas julgam ser muito próxima com a existente na época.

## 4.7 Iluminação

O uso de iluminação visa essencialmente a obtenção de um acréscimo no realismo global da cena, tentando proporcionar ao seu visitante uma melhor percepção de toda a ambiência original. Dentro dos diferentes tipos de iluminação existentes no VRML foram escolhidos os que têm menos implicações no desempenho, no caso o *DirectionalLight* e o *PointLight*, que com um correcto posicionamento na cena conseguem os efeitos pretendidos.

Para não eliminar alguns destes efeitos de iluminação, logo melhorando o efeito visual, o foco do avatar, que por defeito está “ligado”, foi colocado inactivo no momento da sua entrada na cena, podendo a qualquer altura o utilizador alterar este comportamento nas opções de configuração do *browser* VRML.

## 4.8 Optimização

Esta é a única etapa que não é apresentada na sequência cronológica do processo de desenvolvimento, precisamente porque não tem um cabimento cronológico, dado que esteve presente em todas as fases anteriores. Pela sua importância e pelos resultados obtidos, os aspectos de optimização são descritos na próxima secção.

## 5. OPTIMIZAÇÕES

Numa análise puramente técnica, este é o ponto chave e mais importante deste trabalho, pois as optimizações utilizadas foram fundamentais para os resultados obtidos.

De seguida serão apresentados alguns dos aspectos de optimização mais importantes implementados neste trabalho.

### 5.1 Instanciação (Clonagem)

Em vez de utilizar o, em muitas situações, ineficiente *copy/paste*, o VRML possibilita a utilização de uma instância de qualquer forma geométrica existente na cena. Essa propriedade é extremamente útil, pois evita a duplicação desnecessária de código, reutilizando as propriedades do(s) objecto(s) já definidas.

Aproveitando as características arquitectónicas do Fórum Flaviano, esta foi das técnicas mais utilizadas no desenvolvimento deste trabalho.

Existem no Fórum vários padrões geométricos que se repetem. A replicação de cada um desses padrões foi obtida precisamente com esta técnica. Por exemplo, a parede do corredor esquerdo segue um determinado padrão geométrico, como se pode constatar na figura 2. Logo apenas foi necessário modelar um desses padrões (figura 8) e a partir dele se obteve a totalidade do corredor.

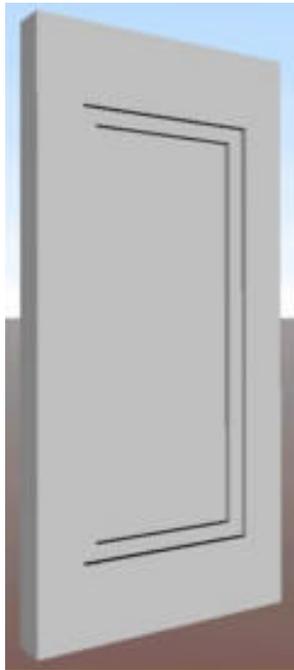


Fig. 8 Bloco do corredor modelado

Após a conclusão do corredor esquerdo, constatou-se que o corredor direito é idêntico, diferindo apenas numa rotação de 180º acompanhada de uma translação. Assim sendo, todo o corredor esquerdo, que já é constituído por diversos clones, foi ele próprio clonado para dar origem ao corredor direito.

De referir ainda que a instanciação também pode ser usada em objectos que, sendo iguais geometricamente, não possuam as mesmas dimensões. Tal facto, dá a possibilidade de otimizar com este processo, mesmo onde aparentemente não seria possível fazê-lo. Exemplo disso é apresentado na figura seguinte. O pequeno objecto situado no início e ao centro da grande escadaria do templo é um clone de um dos pódios laterais.



Fig. 9 Objecto clonado através de uma mudança de escala

## 5.2 Colisões

Por serem efectuados num espaço tridimensional, os testes de detecção de colisões são geralmente pesados. Para simplificar esse processo duas medidas foram implementadas, fazendo uso das propriedades do VRML:

- Desactivação dos testes de colisão das superfícies com as quais não é possível colidir. Como apenas é permitido ao utilizador um “andar” gravitacional pelo recinto do Fórum, ele nunca irá colidir com muitas das superfícies existentes no mesmo, como por exemplo os telhados.
- Para facilitar e simplificar os testes de colisão foram definidas formas geométricas menos complexas, como primitivas simples, para serem usadas nos cálculos da detecção de colisões em substituição das formas originais, estas mais complexas e logo geradoras de cálculos mais pesados. Esse método permite uma redução significativa dos testes a efectuar aquando da verificação de uma possível colisão entre o avatar e uma qualquer superfície sólida. Este foi um procedimento usado, sempre que possível, em todo o espaço do Fórum. Na figura 10 pode-se apreciar um exemplo: toda a zona da base do pórtico, assinalada a vermelho na figura, é constituída por inúmeras “peças” individuais. No entanto, os testes de colisão são efectuados apenas a um simples paralelepípedo que abrange toda a sua extensão.

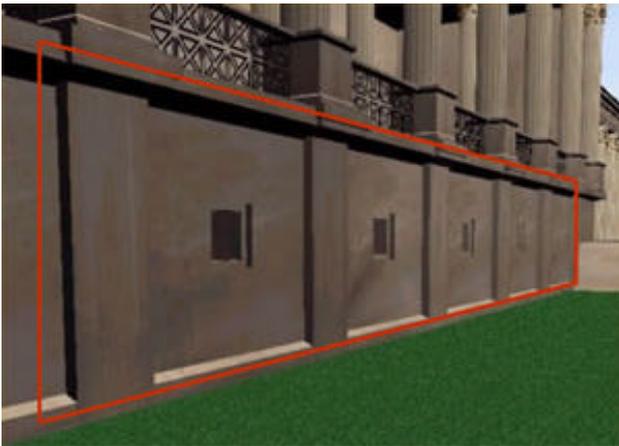


Fig. 10 *Collision proxy* é o nome do campo que permite implementar este procedimento

### 5.3 Texturas

A importância das texturas no aspecto final do trabalho levou a ter sido dada uma atenção muito especial a este item. Mas, se o realismo é fundamental, as texturas podem ter um impacto negativo, pelas suas dimensões, no desempenho global do sistema, pelo que também aqui urge otimizar:

- Usar texturas para simular superfícies complexas, que de outro modo necessitariam de centenas ou milhares de polígonos para as representar. Apesar dos vários casos existentes neste trabalho, o exemplo mais flagrante e que maior dificuldade gerou foi o capitel das colunas;
- Quase todas as texturas têm dimensões (altura e largura) potências de 2;
- Todas as texturas foram tratadas de modo a terem uma boa relação tamanho/qualidade. Muitas delas não ultrapassam os 2KB, sem que esse facto seja perceptível na qualidade geral do Fórum;
- Para uma maior economia no tamanho das texturas, algumas delas foram tratadas de modo a poderem ser dispostas entre si em mosaico. Um dos melhores exemplos é o lajeado da praça, que foi obtido com uma textura simples com 1.68KB (ver figura 4);
- Usando a mesma textura, logo sem necessidade de carregar outra(s) para a memória, conseguem-se diferentes efeitos visuais, apenas por alteração de alguns parâmetros do próprio VRML. Há diversos exemplos dessa situação, facilmente perceptíveis, recinto do Fórum.

### 5.4 Billboard

Um *billboard* em VRML é uma entidade geométrica que acompanha o movimento do avatar, de modo a que se apresente sempre de frente para o avatar.

A utilização de *billboards* neste trabalho resumiu-se a uma única entidade geométrica existente no Fórum. No entanto, a sua utilização foi um dos grandes responsáveis

pelos resultados obtidos ao nível do realismo, desempenho e tamanho final do ficheiro VRML.

Essa única entidade geométrica sobre a qual incidiu a utilização do *billboard*, foi a coluna coríntia do Fórum Flaviano de Conimbriga. O seu apurado detalhe geométrico e o elevado número de colunas existente por todo o recinto do Fórum, faziam com que fosse importante otimizar a sua representação.

Como os testes experimentais com esta metodologia se revelaram satisfatórios, essencialmente ao nível do realismo proporcionado, esta foi a técnica usada apenas numa das colunas do Fórum, pois todas as restantes foram obtidas por clonagem (secção 5.1), apesar de haver colunas de diferentes dimensões.

Com vista a um acréscimo no realismo, aplicou-se o *billboard* a uma superfície curva. Assim, partindo de um cilindro sem base nem topo e “cortando-o ao meio”, utilizou-se uma das metades para, não só colocar a textura, como aplicar o próprio *billboard*. Desse modo, houve melhorias na visualização a dois níveis:

- como os cálculos de iluminação são aplicados a uma superfície curva, o efeito proporcionado pela mesma é superior;
- a visualização da coluna, especialmente na zona do capitel, proporciona um efeito mais realista se aplicado numa superfície curva, em vez de plana.



Fig. 11 Efeito do *billboard* aplicado nas colunas

### 5.5 Número de Polígonos

Durante a modelação de todas as peças usadas neste trabalho, a preocupação com o número de polígonos foi sempre uma constante. No entanto, a redução do seu número não poderia lesar significativamente o realismo pretendido. Assim, mais uma vez, teve de prevalecer algum equilíbrio entre o realismo de cada peça e o número de polígonos necessários para a representar. Por vezes conseguiu-se uma redução significativa do número de polígonos, sem que isso tenha implicado um decréscimo, na mesma proporção, do realismo da peça em causa.

O modelo do Fórum Flaviano de Conimbriga tem perto de 17000 polígonos. Aparentemente, e dado que quase toda a volumetria do Fórum está visível logo no início da visualização, este número seria incomportável para uma boa fluidez do movimento, particularmente quando fosse usado um equipamento informático sem grandes

potencialidades gráficas. Na realidade, tal não acontece precisamente devido às optimizações efectuadas no desenvolvimento deste trabalho.

## 5.6 Hierarquização

Um ficheiro VRML é constituído por nós, alguns dos quais podem conter outros nós, que por sua vez podem ainda conter outros nós. Esta estrutura interna de um ficheiro VRML, sugere que os mesmos têm, ou podem ter, uma estrutura hierárquica. E este é, precisamente, um dos conceitos importantes no VRML.

Um dos testes realizados pelo *browser* durante a representação de um mundo virtual, é o teste de visualização (*culling*), ou seja, verifica quais os objectos que estão completamente fora do volume de visão do avatar, para assim poder determinar quais deles estão visíveis no momento. O teste consiste em intersecar o volume de visão com a *bounding box* representativa do objecto e se esses dois volumes não se intersectarem, conclui-se que o objecto não está visível, logo pode ser ignorado durante o *rendering* da cena [Silicon Graphics98 a)]. Como se pode imaginar, este processo de intersecção de volumes é um cálculo pesado em termos de processamento interno, pois envolve cálculos matemáticos, a um nível tridimensional, bastante apurados.

Definindo uma estrutura hierárquica para a disposição dos objectos, todo o processo pode ser simplificado e optimizado na medida em que, os testes de visualização passam a ser efectuados apenas à *bounding box* do nó que está no topo da hierarquia, que pode, e deve, conter vários objectos que lhe estejam associados.

Assim sendo, todo o nosso ficheiro VRML é uma enorme estrutura hierárquica, onde cada objecto engloba outros objectos. Sendo também muito provável que este último, também ele seja parte integrante da hierarquia de um outro ainda maior.

Eis algumas metodologias implementadas para definir a estrutura hierárquica:

- Grandes objectos foram divididos noutros mais pequenos. Por sua vez, estes foram divididos em outros ainda mais pequenos, e assim sucessivamente. Talvez o exemplo mais claro desta situação neste trabalho, sejam os Pórticos do Templo. Como é uma estrutura que envolve toda a largura do Fórum, se fosse modelado e agrupado em conjunto, tornaria ineficiente a visualização, a navegação e a própria modelação. Assim, numa primeira abordagem foi “dividido” em ala esquerda, ala direita e ala central, prosseguindo em cada uma delas esta subdivisão por áreas modulares, como se pode constatar na figura seguinte referente à ala esquerda;

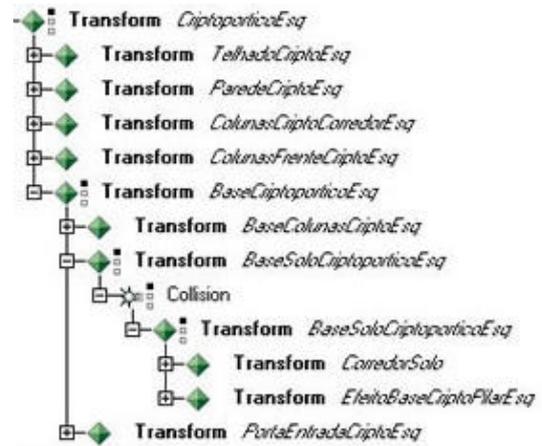


Fig. 12 Estrutura hierárquica expressa no Cosmo Worlds

- Em toda esta estrutura hierárquica existente no ficheiro VRML, qualquer nó de um determinado nível, tem todos os seus filhos próximos entre si, para facilitar e optimizar os testes de visualização e detecção de colisões.

## 5.7 Primitivas Simples

Dado que os browsers VRML estão optimizados para representar primitivas simples [Hartman96], sempre que possível foram utilizadas estas primitivas na modelação dos diferentes objectos do Fórum, mesmo quando tal não se afigurava necessário. Por exemplo, as paredes dos pórticos do templo, bem como o próprio templo (dado que o seu interior não foi modelado), não são mais que caixas (paralelepípedos). No entanto, houve outros objectos mais complexos, que foram “construídos” com recurso a primitivas simples, ora por intersecção das mesmas, ora pela disposição adjacente entre si. Por exemplo, todos os efeitos existentes nas portas, foram conseguidos através da disposição adjacente de paralelepípedos com dimensões (altura, largura e profundidade) distintas.

No entanto, a técnica de intersecção/sobreposição de paralelepípedos também foi utilizada. Por exemplo, com excepção de uma pequena peça, os pódios foram obtidos dessa forma (figura 13 esquerda), bem como muitos dos ornamentos da praça. Eis dois exemplos:

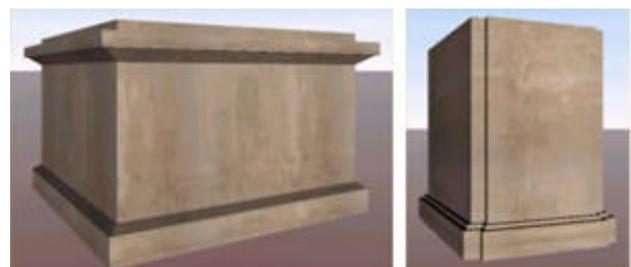


Fig. 13 Peças construídas por intersecção de primitivas simples. Um pódio (esq.) e um ornamento da entrada (dir.)

## 5.8 Organização Espacial

Uma boa organização espacial no ficheiro VRML implica que a proximidade dos objectos na cena, se reflecta na proximidade com que estão definidos no próprio ficheiro, principalmente em ficheiros muito extensos. Desta forma, optimizam-se os movimentos do *browser* pelo ficheiro durante a representação, limitando esses movimentos ao mínimo, proporcionando assim um *rendering* mais eficiente [Silicon Graphics98 b)].

Este foi um princípio adoptado durante a evolução do ficheiro VRML usado na “reconstrução” do Fórum. A figura seguinte representa a estrutura interna dos nós no Cosmo Worlds. Como se pode verificar, a proximidade entre objectos na cena, manteve-se, sempre que possível, na estruturação interna dos nós usados para a definição desses objectos no ficheiro VRML.

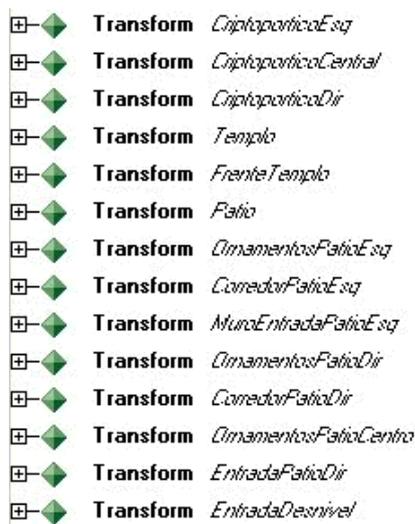


Fig. 14 Posicionamento interno dos objectos no Cosmo Worlds

## 5.9 Compressão

Actualmente, grande parte dos *browsers* VRML disponibilizam a descompactação do formato gzip, em tempo real, permitindo assim a leitura e visualização imediata do ficheiro compactado sem qualquer dificuldade.

No nosso caso, o processo de compressão foi muito simples, pois a ferramenta de trabalho (Cosmo Worlds) possui um comando que o faz automaticamente e sem dificuldades de maior.

## 6. RESULTADOS

Eis os resultados deste trabalho:

- **Realismo:** comprovado por especialistas, particularmente pelo Director do Museu Monográfico de Conimbriga;
- **Desempenho:** funciona em qualquer equipamento informático doméstico adquirido nos dias de hoje;

- **Dimensão dos ficheiros:** o principal, e único, ficheiro VRML ocupa apenas 22 KB, e o trabalho na sua totalidade (com as texturas), não ultrapassa os 150 KB.

Pelos resultados finais obtidos, este trabalho pode ser apreciado na Web em: <http://lsm.dei.uc.pt/forum>.

## 7. CONCLUSÃO

Da análise dos resultados apresentados na secção anterior, podemos concluir que os objectivos traçados para este trabalho foram atingidos na integra. O que nos leva à questão colocada no final da introdução deste artigo. Se com esta linguagem se conseguem realizar trabalhos com uma relação qualidade/desempenho bastante aceitável, com um baixo custo, e sem existirem grandes alternativas, porque não existirão mais projectos em VRML, principalmente na Web?

Em nossa opinião esse facto deve-se precisamente à não conciliação dos três conceitos que eram aparentemente incompatíveis entre si: realismo, desempenho e dimensão do ficheiros; que como acabámos de mostrar não serão assim tão incompatíveis.

Vivendo nós numa sociedade de consumo desenfreado, onde o lucro é quem mais ordena e como tal, tempo é dinheiro, raros são os casos, em quase todas as actividades, em que o método do *best effort* não é o que está presente em maior número de situações. É mais rápido, prático e por vezes também consegue produzir bons resultados. Isto para dizer, inserido no nosso contexto, que é nossa convicção que são poucos os trabalhos de VRML, elaborados de facto em VRML. Ou seja, o que muitas vezes acontece, e este é o primeiro grande erro de quem pretende realizar trabalhos com esta linguagem, é desenvolver a totalidade do mesmo numa qualquer ferramenta de modelação tridimensional, e no final usar os seus motores de exportação (uma grande maioria inclui essa possibilidade) para obter o trabalho final em VRML. As consequências dessa situação são principalmente os ficheiros de grande dimensão e de navegabilidade reduzida, se não mesmo impossível, em equipamentos informáticos domésticos.

Uma outra questão fundamental é a optimização do “código” VRML. Esta requer uma consciencialização profunda e o dispêndio de algum tempo dos criadores no processo de desenvolvimento de um qualquer projecto elaborado nesta linguagem.

Em conclusão, com um pouco de perseverança e alguns cuidados na concepção, principalmente ao nível da optimização, conseguem-se desenvolver bons trabalhos em VRML. Além do mais é uma tecnologia barata, fácil de utilizar, interactiva, standard para a Web, acessível a qualquer um, funciona num qualquer equipamento doméstico, é independente da plataforma, etc., pelo que deixamos este pensamento: VRML... porque não?

## 8. BIBLIOGRAFIA

[Gonçalves02] Alexandrino Gonçalves. *Reconstrução de ambientes históricos utilizando VRML: o caso do Fórum Flaviano de Conimbriga*. Dissertação de mestrado em Eng. Informática pela Universidade de Coimbra (2002).

[Hartman96] J. Hartman e J. Wernecke. *The VRML 2.0 handbook: Building moving worlds on the web*. Addison-Wesley Publishing Company (1996).

[Silicon Graphics98 a)] Silicon Graphics. *Cosmo Worlds 2.0 User's Guide* (1998).

[Silicon Graphics98 b)] Silicon Graphics. *Cosmo Worlds 2.0 Tutorial* (1998).