

# **Arquitectura de Suporte à Geração de Cenas Animadas com Agentes Inteligentes**

**Miguel Silvestre**  
**Maria Pinto-Albuquerque**  
**Maria Beatriz Carmo**  
**Ana Paula Cláudio**  
**João Duarte Cunha**  
**Helder Coelho**

DI-FCUL

TR-04-7

*July 2004*

Departamento de Informática  
Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa  
Campo Grande, 1749-016 Lisboa  
Portugal

Technical reports are available at <http://www.di.fc.ul.pt/tech-reports>. The files are stored in PDF, with the report number as filename. Alternatively, reports are available by post from the above address.



# Arquitectura de Suporte à Geração de Cenas Animadas com Agentes Inteligentes

Miguel Silvestre<sup>1</sup>  
Maria Pinto-Albuquerque<sup>2</sup>  
Maria Beatriz Carmo<sup>1</sup>  
Ana Paula Cláudio<sup>1</sup>  
João Duarte Cunha<sup>1</sup>  
Helder Coelho<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Informática  
Faculdade de Ciências da Universidade  
de Lisboa  
1749-016 LISBOA, Portugal  
i25293@alunos.di.fc.ul.pt,  
{bc, apc, jdc, hcoelho}@di.fc.ul.pt

<sup>2</sup>Departamento de Ciências e  
Tecnologias da Informação  
ISCTE  
1649-026 LISBOA, Portugal  
maria.albuquerque@iscte.pt

## Resumo

Este relatório apresenta uma proposta de arquitectura que permite a criação de ambientes virtuais onde se movimentam agentes inteligentes. Esta arquitectura faz a articulação de várias aplicações – *software* de modelação tridimensional, motor gráfico e motor físico – e a sua definição é uma importante etapa no progresso da tarefa 7 do projecto MAGO 2<sup>1</sup>, Modelação de Agentes em Organizações, que tem vindo a ser concretizada desde Fevereiro de 2004 por uma equipa de trabalho do LabMAG<sup>2</sup>.

## 1 Introdução

O projecto MAGO2, Modelação de Agentes em Organizações, inclui no total sete tarefas, todas no domínio da Inteligência Artificial (IA); contudo, apenas a tarefa 7 incorpora uma vertente de representação gráfica. O objectivo desta tarefa é a concretização de uma biblioteca de representações gráficas para agentes inteligentes com a forma de humanóides com expressões faciais capazes de transmitir emoções e estados de espírito. A existência desta biblioteca tornará possível a realização de experiências que permitam simular o comportamento de agentes individualmente ou integrados em sociedade.

Este documento é um relatório de progresso da tarefa referida e nele se descreve uma proposta de arquitectura que faz a articulação entre diferentes aplicações para criar cenas

---

<sup>1</sup> Projecto financiado pela FCT sob a designação de Projecto POSI/39351/SRI/2001 MAGO2

<sup>2</sup> <http://labmag.di.fc.ul.pt/>

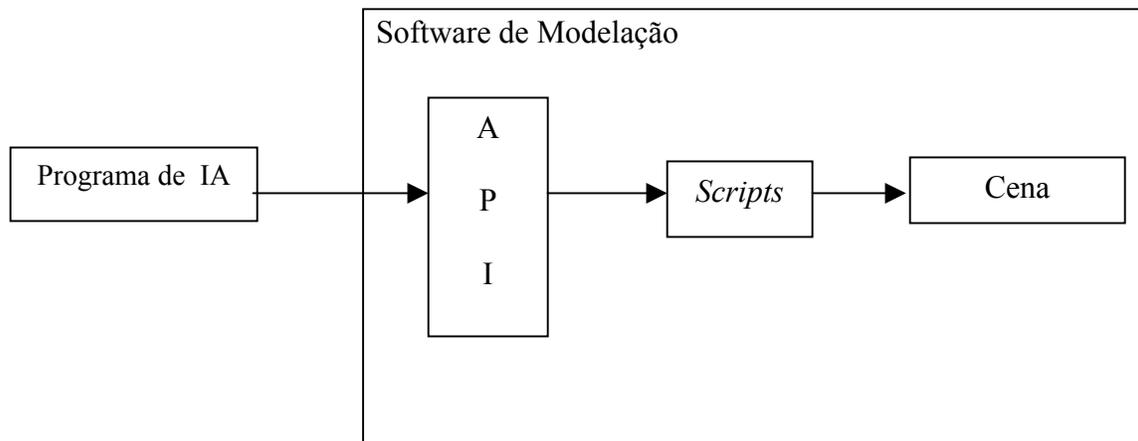
tridimensionais nas quais se movimentam agentes inteligentes que reagem a estímulos. Com o objectivo de definir esta arquitectura começou por se fazer uma pesquisa sobre as aplicações que a poderiam integrar. Esta pesquisa permitiu reunir um conjunto de informação que também aqui se descreve com o intuito de a disponibilizar à comunidade interessada.

O documento encontra-se organizado do modo que a seguir se descreve. Na secção 2 apresenta-se a arquitectura adoptada. A pesquisa realizada sobre aplicações de modelação tridimensional, motores gráficos e motores físicos é descrita nas secções 3, 4 e 5, respectivamente. Finalmente, na secção 6, explica-se o trabalho em curso.

## 2 Arquitectura

Uma das componentes fundamentais da arquitectura a desenvolver é a ferramenta de modelação que permite criar cenas tridimensionais. Estas cenas incluem elementos estáticos e elementos dinâmicos.

Consideraram-se duas abordagens alternativas para a concretização da arquitectura. A primeira consiste em usar unicamente um programa de modelação. Ou seja, modelam-se os elementos estáticos e dinâmicos da cena; depois, através de *scripts* dentro do próprio programa de modelação, programam-se os acessos aos elementos dinâmicos, bem como os controlos de animação; de seguida, através da API, constrói-se o programa de IA que acede aos *scripts* e controla as representações gráficas dos agentes. Todo o processo de *rendering* será feito dentro do *software* de modelação (Fig. 2-1). A grande vantagem desta abordagem é o facto de as imagens serem geradas no próprio *software* de modelação, não havendo constrangimentos no que respeita à ferramenta de *rendering* a utilizar, permitindo assim a obtenção de imagens muito realistas.



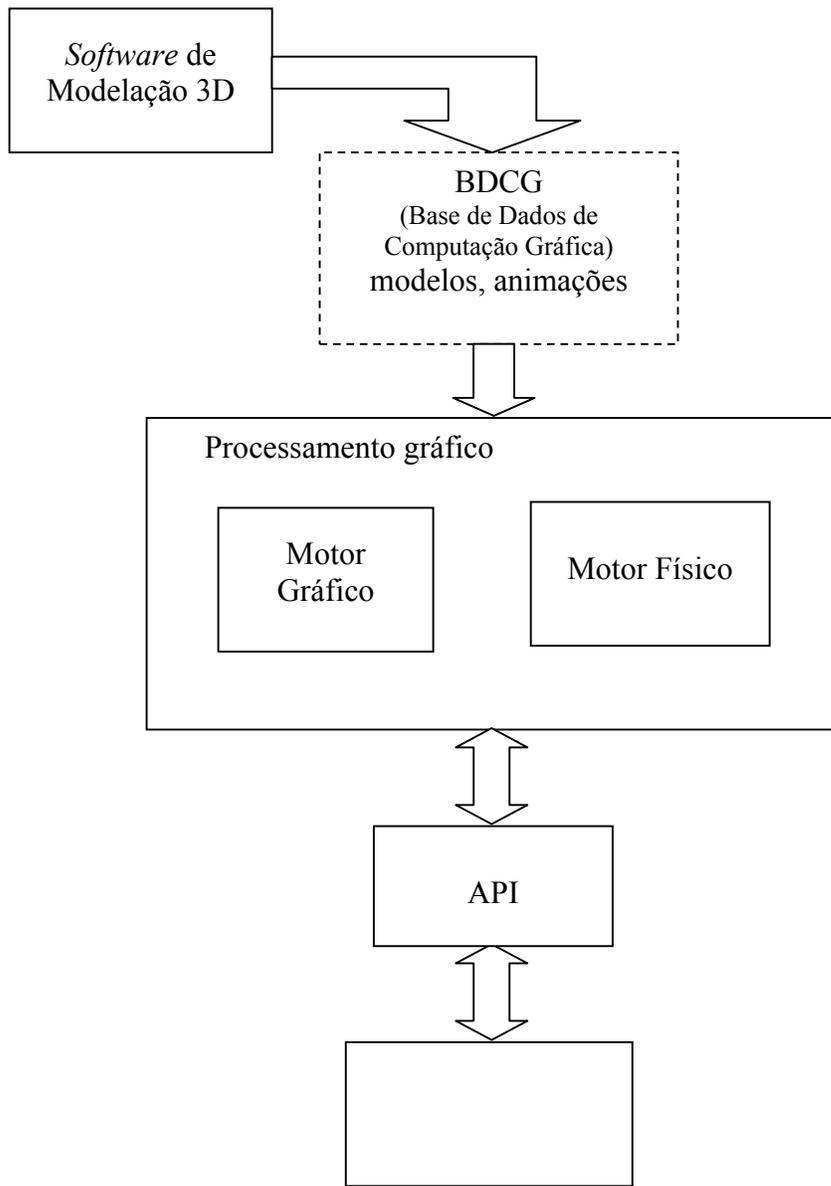
**Fig. 2-1 Arquitectura baseada no programa de modelação**

Contudo, esta abordagem apresenta desvantagens consideráveis: a concretização da arquitectura fica totalmente ligada ao *software* de modelação, não havendo hipótese de se construir algo verdadeiramente independente; perde-se a capacidade de se poder fazer a animação em tempo real porque, normalmente, as imagens demoram demasiado tempo a ser geradas e o resultado só pode ser obtido mediante um ficheiro de vídeo.

A segunda abordagem considerada é a utilização de um motor gráfico, um tipo de *software* tipicamente usado em jogos de computador, para se poder gerar as imagens e as animações em tempo real. Esta abordagem tem uma componente mais forte de

programação: primeiro modelam-se os elementos da cena e as animações pretendidas usando para tal um programa de modelação; de seguida, esta modelação é exportada para um motor gráfico, onde se liga a componente de IA através da API, à semelhança do que se passa no desenvolvimento de um jogo de computador. Com esta abordagem o problema da animação não correr em tempo real já não existe - tudo corre em tempo real - e a plataforma a desenvolver é independente do *software* de modelação, uma vez que os modelos e animações são exportados deste para o motor gráfico.

Para a concretização da tarefa em curso optou-se pela segunda abordagem. Como o motor gráfico não resolve alguns dos problemas da modelação física dos objectos, como seja, por exemplo, as colisões, é necessário incluir um motor físico. A Fig. 2-2 ilustra o modelo base da arquitectura a usar. Além do programa de modelação, do motor gráfico e do motor físico, esta arquitectura fica aberta à inclusão de outras ferramentas.



**Fig. 2-2** Arquitectura usando *software* de modelação, motor gráfico e motor físico

De acordo com a arquitectura escolhida, é necessário concretizar as seguintes subtarefas: a modelação da cena com *software* de modelação tridimensional, a exportação dos modelos e da animação do *software* de modelação para os motores gráfico e físico, a integração destes dois motores, o desenvolvimento da API e do programa de IA.

Tanto a aprendizagem de utilização de um *software* de modelação 3D como o processo de desenvolvimento de cenas com este tipo de ferramentas são processos consideravelmente lentos<sup>3</sup>. O processo de desenvolvimento pode tornar-se mais célere reaproveitando alguns modelos disponíveis gratuitamente na internet, permitindo que as restantes subtarefas avancem em paralelo com esta aprendizagem.

### 3 Ferramentas de modelação geométrica e animação

Descrevem-se nesta secção os resultados da pesquisa efectuada sobre *softwares* de modelação geométrica e de animação. Na subsecção 3.1 apresenta-se um pequeno resumo de todas as ferramentas analisadas. Relativamente aos produtos comerciais que uma análise sumária indicava como candidatos potenciais, foram efectuadas diligências para obtenção de preços que também se indicam nesta secção. Na subsecção 3.2 analisa-se com maior detalhe o subconjunto das ferramentas consideradas mais adequadas para o trabalho a desenvolver.

#### 3.1 Pesquisa de ferramentas de modelação

Para cada ferramenta apresentam-se breves conclusões que são o resultado da análise efectuada.

##### **Blender**

<http://www.blender3d.org/About/?sub=Features>

Desenvolvido no âmbito de um projecto pertencente à Blender Foundation. É um produto gratuito e ainda em desenvolvimento. Por enquanto ainda se encontra um pouco limitado no que respeita a animações e geração de imagens e a sua interface é pouco intuitiva. É descrito com mais detalhe na secção 3.2.

##### **Cinema 4d**

[http://maxon.net/index\\_e.html](http://maxon.net/index_e.html) ; <http://www.techlimits.com>

*Software* com grande capacidade de animação e modelação gráfica. Parece ter como público alvo preferencial a indústria cinematográfica. O seu preço (entre 890 e 3213 euros) torna-o pouco atractivo para o projecto em causa.

##### **DepthQ**

<http://www.lightspeeddesign.com/3d/dq-software.html>

*Software* para a realização de filmes de cinema com cenas tridimensionais que são normalmente visualizadas com óculos especiais.

---

<sup>3</sup> Parece ser consensual a necessidade de um período mínimo de 6 meses necessário para a aprendizagem das técnicas de modelação gráfica. Informação sobre este assunto pode ser obtida em:

[http://en.wikipedia.org/wiki/3D\\_computer\\_graphics](http://en.wikipedia.org/wiki/3D_computer_graphics)  
<http://www.insidecg.com/>  
<http://www.insidecg.com/feature.php?id=136>

### **Discreet 3D Studio Max**

<http://www.discreet.com/3dsmax/>

*Software* muito usado para a modelação e animação gráfica em jogos de computador. Existem bastantes fóruns e páginas de ajuda incluindo o próprio *site*. A interface é simples e intuitiva. É descrito com mais detalhe na secção 3.2.

### **FaceGen**

<http://www.facegen.com/modeller.htm>

*Software* que permite criar rostos humanos e modelar os mesmos segundo alguns parâmetros como a idade, a raça, a expressão facial, entre outros. Como apenas permite a modelação de faces humanas, ficou automaticamente excluído.

### **Houdini**

<http://www.sidefx.com/products/houdini/escape/index.html>

A interface com o utilizador deste *software* não é *user-friendly*, no entanto, existem alguns fóruns e páginas dedicadas ao Houdini. Nos tutoriais que se encontraram não há qualquer referência à existência de uma API.

### **Life Forms**

<http://www.credo-interactive.com/products/index.html>

Programa para criação de animações de personagens. O *site* não dá muita informação sobre as capacidades do programa e existem muito poucas ajudas na internet sobre este programa.

### **Lifemi**

<http://www.lifemi.com/>

*Software* muito interessante para a criação de rostos e animações, nomeadamente sincronização de lábios. Possibilidade de integração com o 3D Studio Max ou com o Maya (este *software* é analisado mais adiante). No entanto apenas permite modelar faces humanas, pelo que ficou automaticamente excluído.

### **LightWave**

<http://www.lifemi.com/>

*Software* muito usado. Contudo, não foi possível obter em tempo oportuno uma versão de demonstração o que impossibilitou uma análise mais detalhada.

### **Massive**

<http://www.massivesoftware.com>

*Software* desenvolvido para ser utilizado no filme “Lord of the Rings”. Este produto permite criar milhares de agentes guerreiros autónomos e com comportamento de multidões muito realista.

A pouca informação e o preço elevado (US\$ 18 000) tornaram desinteressante qualquer esforço adicional de avaliação.

### **Maya**

<http://www.alias.com>

*Software* muito usado tanto para a animações gráficas como para modelações geométricas. Tem sido largamente utilizado na produção de filmes (“Lord of the Rings”, “The Mummy”, “Ice Age”, etc) e existem muitas ajudas e fóruns na internet dedicados ao Maya. É descrito com mais detalhe na secção 3.2.

### **MotionBuilder**

<http://www.kaydara.com>

*Software* para a modelação de personagens. As suas facilidades de modelação limitam um bocado a criação de outras funcionalidades/animações. Indicado para a indústria cinematográfica ou para ser usado em conjunto com outras ferramentas.

### **Okino**

<http://www.okino.com/products.htm>

Este produto é limitado no que respeita às animações suportadas, bem como à qualidade das imagens geradas.

### **Rhino3d**

<http://www.rhino3d.com>

*Software* mais indicado para modelação de objectos estáticos já que dispõe de poucas capacidades de animação.

### **Softimage|XSI**

<http://www.softimage.com/products/>

Programa muito usado em filmes como, por exemplo, “Princesa Chihiro” e “Harry Potter”, bem como em jogos como “Half-Life2” e “Fifa2003”, entre outros. Tem boas capacidades de animação e de modelação, dispõe de APIs e versões de demonstração para se testar o programa. É descrito com mais detalhe na secção 3.2.

### **SOLIDS ++**

<http://www.integrityware.com>

*Software* de modelação gráfica, no entanto sem capacidades de animação e com pouca informação.

### **Strata**

<http://www.strata.com>

*Software* de modelação e animação gráfica. Existem alguns fóruns e páginas de ajuda para este *software*. No entanto, a interface testada, a da versão de demonstração, não é muito amigável e existe pouca informação disponível sobre os contextos em que tem sido usado. O programa não é muito aberto no que respeita aos formatos suportados nem no que diz respeito a facilidades de exportação de ficheiros.

## **3.2 Análise mais detalhada das ferramentas consideradas relevantes**

Tendo em conta a grande diversidade de ferramentas encontradas, resolveu-se analisar com mais cuidado um subconjunto destas. A escolha baseou-se nas características seguintes: capacidades de modelação e de animação disponibilizadas, facilidades de exportação de ficheiros, quantidade de ajudas/tutoriais que se encontram na internet e, por último, número de aplicações efectivas do *software* em contextos como filmes e jogos.

A análise destas características em cada ferramenta levou à escolha das seguintes ferramentas: Maya, 3D Studio Max, Softimage e Blender.

Na subsecção 3.2.1 apresentamos uma tabela que compara estes quatro produtos fazendo uso de um conjunto de dez itens e, na subsecção 3.2.2, faz-se uma descrição mais pormenorizada das características de cada um.

| Nome do software                    | Maya   | XSI  | 3D Studio Max   | Blender   |
|-------------------------------------|--|--|---|---|
| Companhia                           | Alias  | Softimage  | Discreet  | Blender Foundation  |
| Site                                | <a href="http://www.alias.com/eng/products-services/maya/index.shtml">http://www.alias.com/eng/products-services/maya/index.shtml</a>  | <a href="http://www.softimage.com/Products/Xsi/v3/">http://www.softimage.com/Products/Xsi/v3/</a>  | <a href="http://www.discreet.com/3dsmax/">http://www.discreet.com/3dsmax/</a>   | <a href="http://www.blender.org/About/?sub=Features">http://www.blender.org/About/?sub=Features</a>   |
| Facilidade de utilização            | Não se encontraram tutoriais sobre como montar o motor gráfico.  | Complicado montar um motor gráfico. No entanto há tutoriais sobre o tema.  | Não se encontraram tutoriais sobre como montar o motor gráfico  | A sua interface não é muito intuitiva, no entanto há alguns tutoriais na internet.  |
| Linguagens de programação admitidas | MEL (Maya Embedded Language), C++  | API programada em C++<br>Scripts podem programar-se em C++, C, VBScript, Jscript, Perl, Python   | C++   | Python, C   |
| Formatos de entrada                 | Todos os formatos de imagem e mayaAscii, mayaBinary, mel, DWG, DXF, OBJ (.mtl), IGES, aliasWire (StudioTools), aiff, image, RIB, mov (ascii motion), VRML2.  | Todos os formatos de imagem e Maya,3dsMax,Kaydara  | Todos os formatos de imagem e DWG,DXF, mesh, Shockwave® 3D  | TGA, JPG, PNG, Iris, SGI Movie, IFF, AVI and Quicktime GIF, TIFF, PSD, MOV (Windows and Mac OS X)   |
| Formatos de saída                   | aliasWire(StudioTools), IGES, DWG, DXF, OBJ, VRML2, mayaASCII, myaBinary, mel, mov, GE2, RTG, OpenFlight, Macromedia Flash, Adobe Illustrator, Scalable Vector Graphics, Maya IFF, AVI/QuickTime, GIF, Softimage®, Wavefront RLA,bmp, TIFF, SGI RGB, Alias PIX, JPEG, EPS, Cineon™, Quantel®, Targa®   | Todos os formatos de imagem e Maya, 3dsMax, Kaydara, .DXF, .WRL, .FBX  | Avi, bmp, jpg, mov, cin, hdr, png, cin, tif, rpf, Shockwave® 3D, vector graphics  | TGA, JPG, PNG, Iris, SGI Movie, IFF, AVI and Quicktime GIF, TIFF, PSD, MOV (Windows and Mac OS X), .blend   |
| Fontes de ajuda                     | <a href="http://www.medialab.chalmers.se/tutorials/">http://www.medialab.chalmers.se/tutorials/</a><br><a href="http://www.mtmckinley.net">http://www.mtmckinley.net</a><br><a href="http://www.rhonda.com/Maya_TopTen_intro.html">http://www.rhonda.com/Maya_TopTen_intro.html</a><br><a href="http://www.alias.com">http://www.alias.com</a><br><a href="http://www.learning-maya.com">http://www.learning-maya.com</a><br><a href="http://www.therenderfarm.com">http://www.therenderfarm.com</a><br><a href="http://www.animationstudios.com.au/">http://www.animationstudios.com.au/</a>  | <a href="http://www.softimage.com">http://www.softimage.com</a><br><a href="http://www.xsibase.com/">http://www.xsibase.com/</a><br><a href="http://unitas.lunarpages.com/~edharr2/">http://unitas.lunarpages.com/~edharr2/</a><br><a href="http://www.xsifiles.com/">http://www.xsifiles.com/</a> | <a href="http://tonyg.3dup.net/tutorials/MAX/">http://tonyg.3dup.net/tutorials/MAX/</a><br><a href="http://www.3dlinks.com/oldsite/tutorials_max.cfm">http://www.3dlinks.com/oldsite/tutorials_max.cfm</a><br><a href="http://www3.sk.sympatico.ca/kelbeau/max2ued/html/contents.html">http://www3.sk.sympatico.ca/kelbeau/max2ued/html/contents.html</a><br><a href="http://www.discreet.com/3dsmax/">http://www.discreet.com/3dsmax/</a><br><a href="http://www.max3dstuff.com/">http://www.max3dstuff.com/</a><br><a href="http://www.max-realms.com/">http://www.max-realms.com/</a><br><a href="http://sparks.discreet.com/">http://sparks.discreet.com/</a> | <a href="http://www.elysiun.com/">http://www.elysiun.com/</a><br><a href="http://www.blender3d.org">http://www.blender3d.org</a><br><a href="http://www-users.cs.umn.edu/~mein/blender/converters.html">http://www-users.cs.umn.edu/~mein/blender/converters.html</a><br><a href="http://www.blenderwars.com">http://www.blenderwars.com</a><br><a href="http://members.yourlink.net/gruff/">http://members.yourlink.net/gruff/</a><br><a href="http://blenderchar.weirdhat.com/">http://blenderchar.weirdhat.com/</a><br><a href="http://www.geocities.com/pollythesheep/matlib_index.html">http://www.geocities.com/pollythesheep/matlib_index.html</a><br><a href="http://www-users.cs.umn.edu/~mein/blender/plugins/">http://www-users.cs.umn.edu/~mein/blender/plugins/</a><br><a href="http://www.blenderman.org/">http://www.blenderman.org/</a> |
|                                     | <a href="http://www.3dlinks.com/">http://www.3dlinks.com/</a> ; <a href="http://www.cgchannel.com/">http://www.cgchannel.com/</a><br><a href="http://www.turbosquid.com/">http://www.turbosquid.com/</a> ; <a href="http://www.highend3d.com/">http://www.highend3d.com/</a><br><a href="http://www.3dluvr.com/content/">http://www.3dluvr.com/content/</a> ; <a href="http://www.web3dservice.com/">http://www.web3dservice.com/</a><br><a href="http://3dtotal.com/">http://3dtotal.com/</a> ; <a href="http://www.3dcafe.com">http://www.3dcafe.com</a><br><a href="http://www.raph.com/3dartists/">http://www.raph.com/3dartists/</a> ; <a href="http://www.3donline.com.br/">http://www.3donline.com.br/</a><br><a href="http://www.antropus.com/">http://www.antropus.com/</a> ; <a href="http://www.insidecg.com/">http://www.insidecg.com/</a><br><a href="http://www.3d4all.org/">http://www.3d4all.org/</a> ; <a href="http://www.cgchannel.com/">http://www.cgchannel.com/</a><br><a href="http://www.deathfall.com/">http://www.deathfall.com/</a> ; <a href="http://www.turbosquid.com/">http://www.turbosquid.com/</a> ; <a href="http://www.secondreality.ch/">http://www.secondreality.ch/</a> |  |   |   |
| Vendedor em Portugal                | VANTeC <a href="http://www.vantec.pt">www.vantec.pt</a>  | <a href="http://www.amperel.pt/">http://www.amperel.pt/</a>  | Caixa D' Imagens <a href="http://www.caixadimagens.pt/">http://www.caixadimagens.pt/</a><br>Amadora Sttei, Lda<br>Dec.Imagem, S.A. <a href="http://www.decimagem.pt/">http://www.decimagem.pt/</a>  | Producto gratuito   |
| Contextos efectivos de utilização   | Muito usado em filmes, jogos e trabalhos de investigação   | Muito usado em desenvolvimento de jogos (HL2) e filmes (T3, Matrix).<br>FTK e XSI Viewer   | Muito usado em jogos e em alguns filmes.  | Software grátis muito usado.  |

**Tabela 3-1 Estudo comparativo de quatro ferramentas de modelação geométrica e animação.**

### 3.2.1 Tabela comparativa

Para a construção da Tabela 3-1 usou-se um conjunto de dez itens: página oficial do produto, facilidade de utilização, linguagens de programação utilizadas no desenvolvimento de programas que usam a ferramenta, formatos de entrada aceites pela ferramenta, formatos de saída gerados pela ferramenta, vendedor do produto em Portugal e contextos efectivos de utilização. Além dos formatos de entrada e saída referidos na tabela, estes *softwares* suportam a inclusão de *scripts* que permitem que a aplicação importe e exporte ficheiros com outros formatos, por exemplo, o formato .3DS. Acrescente-se ainda que todos os produtos escolhidos dispõem de API.

### 3.2.2 Descrição detalhada das ferramentas mais relevantes

Segue-se uma análise mais detalhada dos produtos incluídos na Tabela 3-1: Softimage, Maya, 3D Studio Max e Blender.

#### 3.2.2.1 Softimage

Existem 3 produtos principais da Softimage: Softimage|XSI; Softimage|Behavior e Softimage|3D.

O Softimage|XSI e o Softimage|3D são bastante semelhantes, pretendendo o primeiro substituir o segundo. No entanto, o Softimage|3D contém algumas facilidades e optimizações na modelação e na criação de texturas orientadas para o desenvolvimento de jogos.

O Softimage|Behavior permite muito facilmente simular comportamentos, nomeadamente de multidões; contudo, esta solução não apresenta grandes capacidades de modelação, pois apenas permite simular comportamentos, estando toda a capacidade de modelação e geração de imagens a cargo do Softimage|XSI.

A nossa pesquisa centrou-se apenas no Softimage|XSI pois é a solução potencialmente mais interessante para o projecto.

O programa em si parece ser bastante acessível e com uma interface muito intuitiva mas, após algum trabalho realizado e algumas buscas efectuadas, constatamos que cada *plug-in* ou funcionalidade nova (API, *scripts*, etc.) tem um custo adicional. Em relação ao material de apoio disponibilizado, quer pela própria Softimage, quer por outros, concluímos que é mais escasso que o oferecido por outras soluções como o Maya ou o 3D Studio Max.

Por estas razões o Softimage|XSI foi eliminado como possível escolha final.

#### 3.2.2.2 Maya

Existem três versões do Maya: Maya Personal Learning Edition, Maya Complete e Maya Unlimited.

O Maya Personal Learning Edition é uma versão gratuita e por tempo ilimitado do Maya que não oferece todas as funcionalidades da Complete Edition. Uma *marca de água* aparece em todas as imagens geradas/criadas com a Learning Edition e o Maya Personal Learning Edition está limitado a um CPU enquanto as versões comerciais podem ser usadas em múltiplos CPUs. Na Learning Edition não se pode gravar nos formatos *Standard* do Maya (.ma, .mb); apenas se pode gravar no formato específico desta versão, no entanto, é possível importar ficheiros normalizados do Maya.

A API não está incluída nesta versão e também não é possível usar *plug-ins* das versões comerciais do Maya ou outros *plug-ins* autorizados; quanto à interface com o utilizador a cor de fundo está limitada ao cinzento.

Acabámos de referir apenas algumas diferenças entre as duas versões. Uma lista exaustiva encontra-se no anexo deste relatório técnico. Mais informação pode ser obtida no endereço

[http://www.alias.com/eng/products-services/maya/maya\\_ple/faq.shtml#differences\\_ple\\_commercial](http://www.alias.com/eng/products-services/maya/maya_ple/faq.shtml#differences_ple_commercial)

O Maya Complete Edition é a versão comercial mais básica do Maya e tem um custo oficial de €2 099. Pode obter-se uma licença universitária por um valor entre 300€ e 600€ consoante o vendedor (New Media Research <http://www.nmr.com>, Majenta <http://www.majentasolutions.com>, VANTeC [www.vantec.pt](http://www.vantec.pt)).

A versão comercial mais completa do Maya é a Unlimited Edition com um custo oficial de 7349€. Os preços universitários desta mesma versão são da ordem de 640€ (New Media Research <http://www.nmr.com>, Majenta <http://www.majentasolutions.com>). Esta versão contém todas as funcionalidades da Complete Edition mais as um conjunto de funcionalidades que são vocacionadas especificamente para a criação de roupas, de fluídos, pêlos/cabelos e para a captação de movimentos. Pode encontrar-se mais informação em:

[http://www.alias.com/eng/products-services/maya/maya\\_unlimited/index.shtml](http://www.alias.com/eng/products-services/maya/maya_unlimited/index.shtml).

### **3.2.2.3 3D Studio Max**

O 3D Studio Max é um *software* bastante usado e referenciado em diversas áreas da computação e animação gráfica, sendo uma delas a indústria dos jogos.

Existe uma versão de demonstração gratuita válida durante um mês com todas as funcionalidades do 3D Studio Max 6. O seu preço comercial é de 2900€ e o preço académico é de 1190€ (Decimagem <http://www.decimagem.pt>). As características mais relevantes deste *software* encontram-se enumeradas no anexo.

O Character Studio é uma ferramenta criada com o intuito de ser utilizada com o 3D Studio Max e que fornece um conjunto de funcionalidades de forma a melhorar e acelerar o processo de criação de personagens individuais, nomeadamente bípedes, e de multidões. A modelação de bípedes é facilitada por capacidades de mapeamento de pele. Uma lista de capacidades do 3D Studio Max encontra-se no anexo.

### **3.2.2.4 Blender**

O Blender é um *software* de modelação e de animação 3D gratuito. As principais vantagens de usar este *software* são o facto de ser gratuito, a existência de uma grande comunidade de utilizadores, as suas fortes capacidades de modelação gráfica e o facto de ser um projecto que está em contínuo desenvolvimento.

As grandes diferenças entre esta ferramenta e as anteriores encontram-se sobretudo a nível da interface com o utilizador e não tanto ao nível das capacidades intrínsecas. Apesar de existirem modelos grátis na internet, estes não são tão comuns como os que se encontram para outras ferramentas como o Maya ou o 3D Studio Max. Este aspecto é de algum modo compensado pelo facto do Blender ter a capacidade de importar outros tipos de ficheiros. Entre esses formatos encontra-se o formato .3DS que é amplamente utilizado por modeladores como forma de guardarem os seus trabalhos.

Indicam-se no anexo as principais funcionalidades deste produto.

### **3.3 Software de modelação a adoptar**

O Maya e o 3D Studio Max são ferramentas muito equiparadas. São muito usadas e referenciadas na área de modelação e animação gráfica e integram um vasto leque de funcionalidades, o que as torna ferramentas poderosas, capazes de gerar imagens com um enorme realismo.

Tanto uma como outra serviriam bem as necessidades do projecto. Quer a nível de tutoriais, quer de páginas de ajuda e fóruns encontra-se muita informação sobre ambas. Mas de uma forma geral existe mais informação sobre o 3D Studio Max do que sobre o Maya.

Também convém notar que a versão académica do 3D Studio Max traz o Character Studio 4 incluído. Esta ferramenta possibilita uma melhor e mais fácil modelação de criaturas, nomeadamente ao nível da pele, músculos, ossos e mãos. O Character Studio 4 facilita também o processo de animação de criaturas.

A pesquisa que efectuámos leva-nos a considerar que o 3D Studio Max é mais intuitivo do que o Maya, o que acelera a aprendizagem da ferramenta e, consequentemente, o seu uso.

Porém, a arquitectura proposta na secção 2 prevê que as imagens sejam produzidas em tempo real por um motor gráfico e não no *software* de modelação 3D. Este último será usado unicamente para modelar o cenário e os humanóides. Isto leva-nos a concluir que a utilização de um *software* de modelação profissional é dispensável. Assim, a nossa escolha recai sobre a ferramenta Blender cuja utilização tem as vantagens que referimos atrás: é gratuita, dispõe de fortes capacidades de modelação gráfica, está em constante desenvolvimento e conta com uma forte comunidade de utilizadores.

## **4 Motores Gráficos**

Uma vez que se optou pela utilização de um motor gráfico surge a necessidade de escolher um já existente ou desenvolver um novo motor gráfico. Como existem diversos motores gráficos disponíveis não se considerou a hipótese de criar um novo motor.

A nossa pesquisa incidiu maioritariamente sobre motores gráficos gratuitos. Para cada um dos dez motores analisados, apresentam-se breves conclusões que são o resultado da análise efectuada.

### **Axiom**

<http://axiomengine.sourceforge.net/>

Motor orientado para o desenvolvimento de jogos. O motor é uma adaptação do Ogre feita em C# e foi usada a plataforma .NET para o seu desenvolvimento. A sua comunidade não é das maiores, mas é muito activa.

### **CrystalSpace**

<http://crystal.sourceforge.net>

Motor orientado para o desenvolvimento de jogos. A comunidade que suporta o desenvolvimento deste motor não parece ser muito activa.

### **Fly3D**

<http://www.fly3d.com.br/>

Motor gráfico orientado para jogos e desenvolvido em C++. Este motor tem uma grande comunidade a suportá-lo. Embora o código fonte não esteja disponível a sua

licença é bastante liberal. É possível fazer o *download* de uma versão gratuita e utilizar livremente.

### **Irrlicht**

<http://irrlicht.sourceforge.net>

Motor gráfico escrito em C++. É um projecto relativamente novo e a qualidade das imagens geradas por este motor é inferior à das imagens geradas no Ogre (descrito adiante). Existe uma grande comunidade a trabalhar para o desenvolvimento deste motor.

### **Jet3D**

<http://www.jet3d.com/>

Motor gráfico comercial desenvolvido em C++. Uma vez que existem bastantes motores grátis e de boa qualidade, não será necessário optar por um motor comercial.

### **NeoEngine**

<http://www.neoengine.org>

Motor gráfico orientado para o desenvolvimento de jogos. A comunidade que suporta este motor é muito pequena e pouco activa.

### **OGRE**

<http://www.ogre3d.org>

É um motor gráfico que não trata detecção de colisões, simulação de fenómenos físicos e tratamento de som. Este motor é desenvolvido em C++. A qualidade das imagens geradas é muito boa e o processo de *rendering* é bastante rápido. O Ogre conta com uma extensa comunidade de utilizadores e está em constante desenvolvimento.

### **Open Scene Graph**

<http://openscenegraph.sourceforge.net/>

Motor gráfico desenvolvido em C++ e que usa apenas o OpenGL. A qualidade das imagens não é má, no entanto existem motores com uma qualidade superior.

### **PanardVision**

<http://www.panardvision.com>

Projecto que se encontra parado e por isso sem interesse.

### **TitanEngine**

<http://talika.eii.us.es/~titan/titan/index.html>

Projecto que tinha como objectivo mostrar as potencialidades da biblioteca gráfica OpenGL. É um projecto antigo que estagnou em 2000.

Nesta fase do projecto resolveu-se optar pelo Ogre. Consideramos que este motor é adequado para a tarefa, pois é apenas um motor gráfico e não um motor gráfico orientado para o desenvolvimento de jogos, como a maioria de motores que encontramos. Tratando-se de um motor genérico, não incluindo funcionalidades como a detecção de colisões, permite uma maior flexibilidade na escolha da concretização destas funcionalidades.

É um motor bastante flexível, modular, muito eficiente e existe uma grande comunidade de desenvolvimento e de utilizadores deste motor gráfico. As imagens

geradas pelo OGRE são de qualidade superior à de outros motores gráficos que se encontram descritos acima.

O desenvolvimento com o motor gráfico é feito através de bibliotecas previamente construídas e de rotinas em C++ que lançam os serviços primários (*rendering pipeline*, opções de *display*, etc.). Tipicamente uma personagem, por exemplo um humanóide, terá associado um esqueleto, ambos serão carregados no motor e o humanóide poderá ser animado pelo motor gráfico. Para se animar o humanóide existem duas opções: uma delas é através de manipulação directa, programada usando o motor gráfico, das *junctions* e *bones*. A outra hipótese é através da criação das animações também no *software* de modelação. Estas animações seriam igualmente carregadas no motor gráfico.

## 5 Motores Físicos

Uma vez que o Ogre não tem um sistema de simulação de fenómenos físicos ou de colisões implementado, este terá de ser concretizado ou então usa-se alguma biblioteca já existente. Convém notar que a maior parte dos motores físicos tem um sistema de colisões. Foram analisados dois motores físicos que a seguir se descrevem sumariamente.

### ODE

<http://ode.org/>

Motor físico capaz de simular a dinâmica dos corpos rígidos, desenvolvido em C++, bastante usado e gratuito. O ODE tem uma vasta comunidade de ajuda e de desenvolvimento, estando por isso em constante desenvolvimento. Existem vários exemplos sobre como usar o ODE em conjunto com o Ogre.

### Tokamak

<http://tokamakphysics.com/>

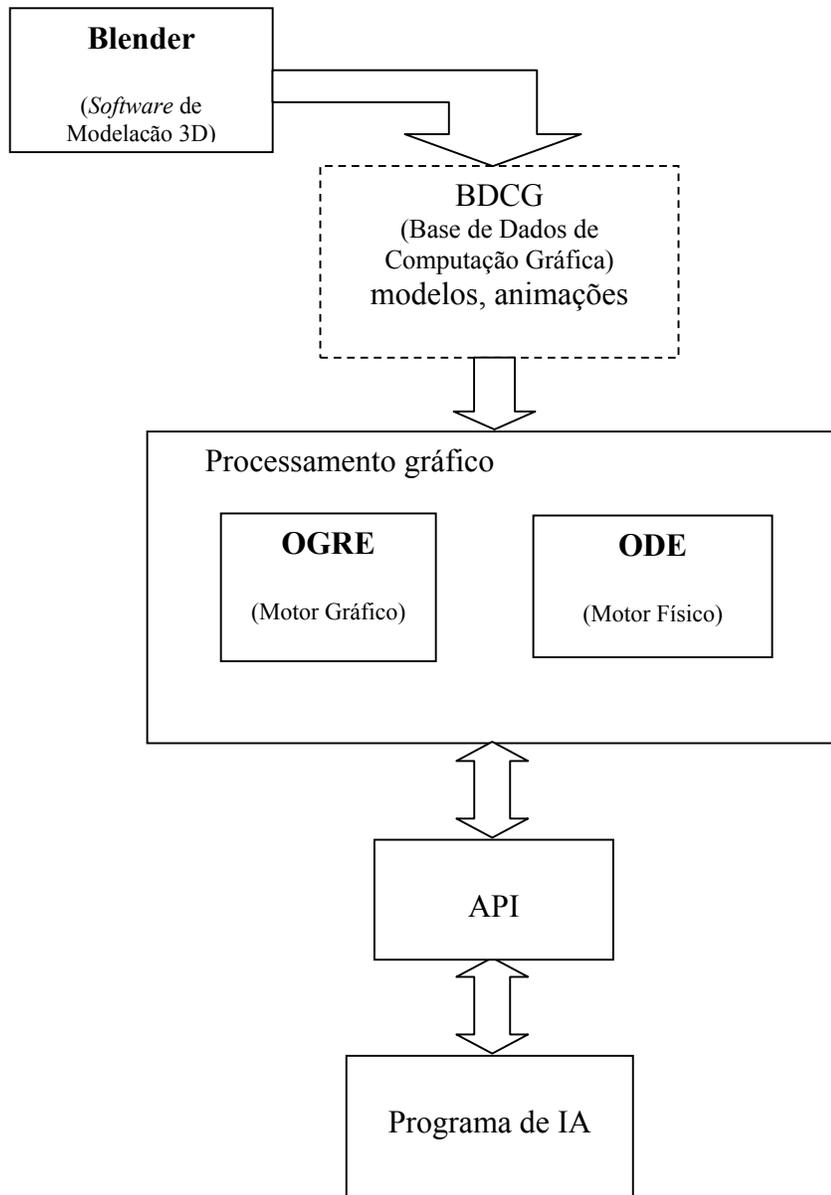
Motor físico semelhante ao ODE, também com uma grande comunidade de utilizadores e de desenvolvimento. Este projecto é mais recente que o ODE, mas também se encontra em contínuo desenvolvimento

Uma vez que o ODE é um motor físico muito usado, bastante referenciado, com uma comunidade enorme e com bons materiais de apoio, incluindo vários exemplos sobre como usar o ODE em conjunto com o Ogre, foi o motor físico escolhido para o desenvolvimento da tarefa.

## 6 Trabalho em curso

Neste momento estamos numa fase de aprendizagem e de adaptação às ferramentas escolhidas. Está a ser produzida uma pequena demonstração que envolve a criação de uma cena (cenário com vários objectos e uma personagem) no Blender que, de seguida é exportado para o Ogre que gera a imagem e a animação correspondente. A articulação com o ODE permitirá tornar a animação mais realista, já que se simula a gravidade e se resolvem as colisões da personagem com os objectos da cena. A figura 6-1 apresenta a arquitectura proposta na secção 2 explicitando os *softwares* a usar em cada módulo.

Na etapa seguinte, contando já com um domínio claro das ferramentas de modelação e de *rendering*, pretendemos desenvolver uma API que faça a ligação entre os motores gráfico e físico e o programa de IA. O objectivo da API é encapsular o processamento gráfico para o programa de Inteligência Artificial de forma a que a visualização gráfica seja o mais transparente possível para este programa.



**Fig. 6-1** Arquitectura usando o Blender como *software* de modelação, o OGRE como motor gráfico e o ODE como motor físico.

## 7 Referências

Indicam-se os *sites* mais relevantes onde foi consultada a informação sobre os *softwares* discutidos neste documento.

- |         |   |
|---------|---|
| Axiom   | <a href="http://axiomengine.sourceforge.net/">http://axiomengine.sourceforge.net/</a>                   |
| Blender | <a href="http://www.blender3d.org/About/?sub=Features">http://www.blender3d.org/About/?sub=Features</a> |
| Blender | "The Official Blender 2.3 Guide, The Open 3D Creation Suite", Blender Foundation (eds) Amsterdam        |

|                        |   |
|------------------------|---|
| Cinema 4d              | <a href="http://maxon.net/index_e.html">http://maxon.net/index_e.html</a> ; <a href="http://www.techlimits.com">http://www.techlimits.com</a> |
| CrystalSpace           | <a href="http://crystal.sourceforge.net">http://crystal.sourceforge.net</a>   |
| DepthQ                 | <a href="http://www.lightspeeddesign.com/3d/dq-software.html">http://www.lightspeeddesign.com/3d/dq-software.html</a>                         |
| Discreet 3D Studio Max | <a href="http://www.discreet.com/3dsmax/">http://www.discreet.com/3dsmax/</a>   |
| FaceGen                | <a href="http://www.facegen.com/modeller.htm">http://www.facegen.com/modeller.htm</a>   |
| Fly3D                  | <a href="http://www.fly3d.com.br/">http://www.fly3d.com.br/</a>   |
| Houdini                | <a href="http://www.sidefx.com/products/houdini/escape/index.html">http://www.sidefx.com/products/houdini/escape/index.html</a>               |
| Irrlicht               | <a href="http://irrlicht.sourceforge.net">http://irrlicht.sourceforge.net</a>   |
| Jet3D                  | <a href="http://www.jet3d.com/">http://www.jet3d.com/</a>   |
| Life Forms             | <a href="http://www.credo-interactive.com/products/index.html">http://www.credo-interactive.com/products/index.html</a>                       |
| Lifemi                 | <a href="http://www.lifemi.com/">http://www.lifemi.com/</a>   |
| LightWave              | <a href="http://www.newtek.com/">http://www.newtek.com/</a>   |
| Massive                | <a href="http://www.massivesoftware.com">http://www.massivesoftware.com</a>   |
| Maya                   | <a href="http://www.alias.com">http://www.alias.com</a>   |
| MotionBuilder          | <a href="http://www.kaydara.com">http://www.kaydara.com</a>   |
| NeoEngine              | <a href="http://www.neoengine.org">http://www.neoengine.org</a>   |
| ODE                    | <a href="http://ode.org/">http://ode.org/</a>   |
| OGRE                   | <a href="http://www.ogre3d.org">http://www.ogre3d.org</a>   |
| Okino                  | <a href="http://www.okino.com/products.htm">http://www.okino.com/products.htm</a>   |
| Open Scene Graph       | <a href="http://openscenegraph.sourceforge.net/">http://openscenegraph.sourceforge.net/</a>   |
| PanardVision           | <a href="http://www.panardvision.com">http://www.panardvision.com</a>   |
| Rhino3d                | <a href="http://www.rhino3d.com">http://www.rhino3d.com</a>   |
| Softimage XSI          | <a href="http://www.softimage.com/products/">http://www.softimage.com/products/</a>   |
| SOLIDS ++              | <a href="http://www.integrityware.com">http://www.integrityware.com</a>   |
| Strata                 | <a href="http://www.strata.com">http://www.strata.com</a>   |

## **Anexo**

Neste anexo enumeram-se as capacidades de três das ferramentas de modelação analisadas: o Maya, o 3D Studio Max e o Blender.

Foram deixadas em inglês as expressões para as quais considerámos não existir uma tradução reconhecida.

### **A1. Maya**

Existem três versões do Maya: Maya Personal Learning Edition, Maya Complete e Maya Unlimited.

#### **Maya Personal Learning Edition**

O Maya Personal Learning Edition é uma versão gratuita e por tempo ilimitado do Maya. Esta versão tem as mesmas funcionalidades que a Complete Edition excepto as seguintes:

##### ***Performance***

Maya Personal Learning Edition está limitada a um CPU. A versão comercial do Maya pode ser usada em múltiplos CPUs.

##### ***Watermark***

Uma *watermark* aparece em todas as imagens geradas/criadas no Maya. Esta só não está presente quando se trabalha em modo de *Wireframe*.

##### ***Rendering e Saída de Imagens***

- O *mental ray renderer* não se encontra disponível.
- Não se pode usar o *vector renderer*.
- Não se podem gravar imagens com 16-bit.
- O *Camera's film fit offset* e *films offset* estão limitados a 0.
- O modo de funcionamento das seguintes facilidades está limitado à resolução 1024x768:
  - *Software rendering output in Render View and batch mode*
  - *Hardware rendering output in Render View and batch mode*
  - *Hardware render buffer*
  - *Paint Effects canvas mode and scene mode*
  - *UV snapshot in UV texture Editor*
  - *3D Paint Tool*

##### ***Formato de Ficheiros e Entradas/Saídas***

- Não se pode gravar nos formatos *Standard* do Maya (.ma, .mb); apenas se pode gravar no formato específico do Maya Personal Learning Edition, no entanto, é possível importar ficheiros normalizados do Maya.
- A cache do sistema de partículas não é suportada.
- *Text dump* da janela *Blind Data Editor* não é suportado
- A exportação de peles e mapas de pesos não é suportada.

##### ***API e Plug-ins***

- A API não está incluída nesta versão.
- Não é possível usar *plug-ins* das versões comerciais do Maya ou outros *plug-ins* autorizados.

##### ***MEL (Maya Embedded Language – linguagem de script )***

- O historial de escrita do Script Editor não é suportado.

- Os seguintes comandos MEL não são suportados: system, fopen, popen, fwrite, fprint, cmdpipe.
- O editor de *script* está limitado a 75 linhas de código
- A opção de menu *Save Selected* foi removida.

#### **Interface com o utilizador**

- A cor de fundo está limitada ao cinzento.

### **Maya Complete Edition**

O Maya Complete Edition contém as seguintes funcionalidades:

#### **Modelação**

- NURBS
- *Polygonal Modeling*
- *Sub-division surfaces*
- Maya Artisan™

#### **Animação**

- *General Animation*
- *The Trax™ Non-Linear Motion Compositor*
- *Character Animation*
- *Forward and Inverse Kinematics (FK and IK)*
- *Skinning*
- *Integrated Sound Synchronization*
- *Deformers*
- *Weight Animation Controller Subsystem*

#### **Efeitos Visuais**

- *Dynamics*
- *Rigid-Body Dynamics*
- *Soft-Body Dynamics*
- *Particles*

#### **Tecnologias *Brush-based***

- *Sculpting*
- *Paint Selection*
- *Painting Values*
- *Paint Directly onto 3D surfaces*
- *Maya PaintEffects™*

#### **Rendering**

- *Hardware Renderer*
- *Network rendering*
- *Mental ray®*
- *Vector Rendering*
- *Maya Shockwave 3D Exporter*

#### **Maya API/SDK e MEL**

- Formatos de ficheiros admitidos: Macromedia® Flash, DWG, Adobe®

- Illustrator®, Encapsulated PostScript®, Scalable Vector Graphics, DXF, IGES, OpenFlight®, StudioTools® and OBJ.
- *Maya ShockWave 3D Exporter™*
  - *3rd Party Conductor Plug-ins*

### **Maya Unlimited Edition**

Esta versão contém todas as funcionalidades da Complete Edition mais as seguintes:

#### **Maya Fluid Effects™**

- *Space Effects*
- *Open Water*
- *Pyrotechnics*
- *Space Effects*
- *Viscous Liquids and Molten Solids*

#### **Maya Fur™**

- *Create any Fashion in any Fabric*
- *Animate Any Fabric Object*
- *Unique Solver*
- *Total Integration with Maya Software*

#### **Maya Cloth™**

- *Match 3D Elements with Live-action Shots*
- *Flexibility*
- *Fast Integrated 2D Tracker*
- *Interactive Root Frame Solver*
- *Reconstruct Live-action elements as 3D Geometry*
- *Data Export*

## **A2. 3D Studio Max**

Enumeram-se a seguir as características mais relevantes do 3D Studio Max:

### **Animação**

- *General Animation*
- *Forward and Inverse Kinematics (FK and IK)*
- *Skinning*
- *Integrated Sound Synchronization*
- *Deformers*
- *Weight Animation Controller Subsystem*
- *Curve Editor*
- *Objects*

### **Modelação**

- *NURBS*
- *Polygonal Modeling*
- *Sub-division surfaces*
- *Spline/Patch*

- *Filtering of interior edges*
- *Meshsmooth*
- *Isoline Display*
- *Shell Modifier*

### **Mapeamento de Texturas**

- *Relax Modifier*

### **Rendering**

- *Global illumination*
- *Photorealistic lighting*
- *Network rendering*
- *Command line rendering*
- *High Dynamic Range Imaging (HDRI) files support*
- *Mental ray rendering*

### **Luzes**

- *Photometric lighting support.*
- *2D Lighting Data Exporter*
- *Surface level lighting*
- *MAXScript access to Radiosity*

### **Jogos**

- *Vertex Paint Modifier*
- *Dynamic Shader UI*
- *Edit Vertex Normals,*
- *Channel Info Editor*

### **Câmaras**

- *Número ilimitado de câmaras*
- *Interactive clipping plane, dolly, FOV, grid overlay, orbit, roll, vertigo zoom, zoom and safe frame display*
- *Precise alignment*
- *Extensive Depth of Field*
- *Motion Blur*

### **Materiais**

- *Algoritmos de shading*
- *Material/Map*

### **Interacção com o Viewport**

- *WYSIWYG viewport environment*
- *Multiple coordinate*
- *Plug-in architecture*

### **MAXScript™ & API**

- *3rd Party Conductor Plug-ins*
- *Estão em desenvolvimento scripts que permitem exportar/importar outros formatos de ficheiros.*

## **Character Studio**

Enumeram-se a seguir as características mais relevantes do Character Studio, uma ferramenta criada com o intuito de ser utilizada com o 3D Studio Max.

### **Animação por Keyframe**

- *Quaternion Based Function Curves*
- *3ds Max Bones Support:*
- *Biped Ik*
- *Track Operations*
- *Workbench – Motion Property Analysis & Visualization*

### **Animação não linear**

- *Animation Mixer*
- *3ds Max Controllers*
- *Animation Mixdown*
- *Reservoir*
- *Animation Layers*
- *Motion Flow Editor*
- *3D Character Motion Mapping And Splicing*
- *Clip Features*

### **Footstep Animation**

- *Footstep-Driven Animation*

### **Captura de Movimentos**

- *Prop Retargeting*

### **Simulação de multidões**

- *Behavioral Crowd Animation*
- *Behavioral Animation*

### **Mapeamento de pele**

- *Figure Creation / Editing*
- *Skinning/Deformations*
- *Skin Assignment*
- *Tendons*
- *Skin Sliding*
- *Weighted Blending*
- *Muscles*
- *Free-Floating Bones*
- *All Geometry Types Supported*

### **Software Development Kit (SDK)**

- *Biped*
- *Crowds*
- *Scripting*
- *Physique*

### **A3. Blender**

Indicam-se seguidamente as principais funcionalidades do Blender.

#### **Modelação**

- Permite a manipulação de: NURBS, curvas de Bezier e *B-splines*, *metaballs*, *vector fonts* (*TrueType*, *PostScript*, *OpenType*)
- *'Smooth proxy' style catmull-clark subdivision surfaces*
- Funções Booleanas em malhas
- Funções de edição tais como: *extrude*, *bevel*, *cut*, *spin*, *screw*, *warp*, *subdivide*, *noise*, *smooth* *Soft selection editing tools for organic modeling*
- Criação de ferramentas de modelação através de *scripts* Python

#### **Animação**

- *Armature (skeleton) deformation with forward/inverse kinematics*, *auto skinning and interactive 3D paint for vertex weighting*
- *Non-linear animation mixer with automated walkcycles along paths*
- *Constraint system*
- *Morphing* com *vertex key framing* controlado por *sliders*
- Editor de *character animation pose*
- *Animatable lattice deformation*
- Sistema 'Ipo' integrando *motion curve* e *traditional key-frame editing*
- Facilidades de sincronização de som
- Efeitos de animação produzidos através de *scripts* Python

#### **Criação de Jogos 3D em tempo Real**

- Editor gráfico para definir o comportamento sem necessidade de programação.
- Detecção de colisões
- *Scripts* Python para control de IA, lógica do jogo completamente definida
- Suporta todos os modos de iluminação do OpenGL™, incluindo transparências. Texturas
- *Playback* de jogos e conteúdo 3D sem compilação ou pré-processamento
- Audio, usando a ferramenta the fmod
- *Multi-layering* de cenas

#### **Rendering**

- *Raytracer* incorporado
- Suporta o motor de rendering Yafray
- *Oversampling*, *motion blur*, *post-production effects*, *fields*, *non-square pixels*
- *Environment maps*, *halos*, *lens flares*, *fog*
- Concretiza vários algoritmos de shading: Lambert, Phong, Oren-nayar, Blinn, Toon
- *Edge rendering for Toon shading*
- *Procedural Textures*
- *Ambient Occlusion*
- *Radiosity solver*
- *Scripts* para exportação *renderers* externos como Renderman (RIB), Povray, Virtualight
- *UV texture editor*

## **Interface**

- Disposição de janelas configurável pelo utilizador
- Sistema de dados orientado por objectos
- Janelas para: animação por curvas ou pontos, diagramas esquemáticos de cenas, edição de sequências de vídeo não lineares, editor para animação da acção dos personagens, misturador de animação não linear, edição de image/UV, selecção de imagens ou ficheiros e gestor de ficheiros
- Editor de texto para anotação e edição de *scripts* Python
- Interface coerente em diferentes plataformas

## **Ficheiros**

- Guarda todos os dados da cena num único ficheiro .blend
- O formato .blend suporta compressão, assinaturas digitais, encriptação, compatibilidade *forwards/backwards* e pode ser usado como uma biblioteca para ligar com outros ficheiros .blend.
- Suporta os formatos TGA, JPG, PNG, Iris, SGI Movie, IFF, AVI, Quicktime, GIF, TIFF, PSD, MOV (Windows and Mac OS X)
- Importa e exporta ficheiros DXF, Inventor e VRML com *scripts* Python também disponíveis para outros formatos 3D.
- Criação de executáveis *stand-alone* com conteúdo 3D interactivo.