

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
ESCOLA DE BELAS ARTES  
ARTES VISUAIS: HABILITAÇÃO EM CINEMA DE ANIMAÇÃO**

Frederico Ribeiro de Matos

**O controle da topologia em malhas tridimensionais  
por meio dos edge loops**

Belo Horizonte  
2013

Frederico Ribeiro de Matos

**O controle da topologia em malhas tridimensionais  
por meio dos edge loops**

Trabalho de conclusão de curso  
apresentado como requisito parcial para  
aquisição do grau de Bacharéu em Artes  
Visuais, com Habilitação em Cinema de  
Animação.

Orientador: Prof. Virgílio Carlo de  
Menezes Vasconcelos

Belo Horizonte  
UFMG / Escola de Belas Artes  
2013

## **AGRADECIMENTOS:**

À Deus por me permitir estar aqui e agora.

Àquela que me ensinou o caráter e amor incondicional: mãe querida.

À minha irmã pela paciência, amizade e familiares pelo carinho.

À amada Fernanda que sempre esteve ao meu lado, com paciência e dedicação, me fez descobrir que para o amor verdadeiro não há distância.

À Sileide Freitas, que me ajudou a levantar num dos momentos difíceis.

Aos professores Antônio Fialho, Simon Brethé e Virgílio Vasconcelos que pela sua postura profissional, ensinam mais do que lhes é incumbido.

Ao professor e orientador Virgílio Vasconcelos, sempre atencioso e comprometido com o crescimento do conhecimento dos alunos.

Ao professor Simon Brethé, por se dedicar tantas manhãs e tardes comigo na produção do meu filme e para o meu conhecimento em Cinema de Animação.

Aos professores Ana Lúcia Andrade, Arttur Ricardo, e todos os outros, essenciais durante meu curso.

Amigos e colegas do curso, que contribuíram de várias formas com a produção do meu filme, especialmente ao Evandro Costa que, sem sua incansável colaboração, meu filme não seria uma realidade hoje.

Aos amigos da Biblioteca, em especial Leonardo Dias, Júnior Duarte, Suely, Edméa de Melo, Telma de Mello.

A mim que de tantas vezes bater à porta do colegiado, enfim fomos ouvidos pelo então diretor Luiz Souza, que naquela tarde de sexta-feira, votou pela manutenção da habilitação em Cinema de Animação.

## **RESUMO**

Este trabalho aborda a criação e controle dos *edge loops* em modelos criados na técnica 3D Digital. Com o objetivo de auxiliar estudantes da técnica de modelagem 3D digital, este texto apresenta os conceitos e técnicas relacionados à criação de formas tridimensionais.

**Palavras Chave:** Modelagem tridimensional; topologia; edge loops; modelagem poligonal; cinema de animação.

## **ABSTRACT**

*This paper discusses the creation and control of edge loops in models created in Digital 3D technique. With the goal of helping students of 3D digital modeling technique, this paper presents the concepts and techniques related to the creation of three-dimensional shapes.*

**Key words:** *Three-dimensional modeling, topology, edge loops, polygonal modeling, animation film.*

## Lista de figuras

Figura 1: Referências para modelagem da toupeira do filme Habitat Natural . Fonte:o autor. .....	8
Figura 2: Primeira versão da toupeira do filme Habitat Natural,2013, modelada em 3d. Fonte:o autor.....	8
Figura 3: Modelo aramado em 3D e estudo para um modelo ótimo de posicionamento dos controles para os pilotos dentro de uma cabine de aeronave, em se tratando de ergonomia. Fonte: <a href="http://uau-disney.blogspot.com.br/2009/10/william-fetter-1964_28.html/">http://uau-disney.blogspot.com.br/2009/10/william-fetter-1964_28.html/</a> <a href="http://dada.compart-bremen.de/node/2715">http://dada.compart-bremen.de/node/2715</a> .....	10
Figura 4: Exemplo de polígono de modelagem 3d . Em laranja temos uma face formada por quarto vértices que se ligam através de arestas. No caso, formam a malha tridimensional de um cubo. Fonte: o autor.....	12
Figura 5: Exemplo de malha low -poly 3d Fonte: <a href="http://www.polycount.com/forum/showthread.php?t=77206">http://www.polycount.com/forum/showthread.php?t=77206</a> .....	12
Figura 6: Exemplo de malha high -poly 3d Fonte: <a href="http://www.3dbuzz.com/forum/threads/191044-Western-Outlaw-Character">http://www.3dbuzz.com/forum/threads/191044-Western-Outlaw-Character</a> .....	13
Figura 7: A evolução na modelagem da personagem Lara Croft do game Tomb Raider: observe, à esquerda, as mãos em formato de cubo (os dedos são simulados através da textura); na imagem da direita as mãos já bem mais definidas, com dedos e uma quantidade de polígonos bem maior. Fonte: <a href="http://nadave.net/tag/evolution/">http://nadave.net/tag/evolution/</a> .....	13
Figura 8: Exemplo de modelagem Orgânica.Fonte: O autor.....	14
Figura 9: Exemplo de modelagem geométrica (Hard surface). Fonte: O autor.....	15
Figura 10: Vemos casas ao fundo que, embora construídas pelo homem, possuem características orgânicas. Fonte: <a href="http://cdn.blu-raydefinition.com/wordpress/wp-content/uploads/2012/08/Lorax-3D-BD_02.jpg">http://cdn.blu-raydefinition.com/wordpress/wp- content/uploads/2012/08/Lorax-3D-BD_02.jpg</a> .....	15
Figura 11: o personagem Bender da série Futurama possui características de hard surface Fonte: <a href="http://forum.naruto.viz.com/showthread.php?t=129697">http://forum.naruto.viz.com/showthread.php?t=129697</a> .....	16
Figura 12: Exemplo de joias modeladas. Fonte: <a href="http://www.murilloart3d.blogspot.com.br">www.murilloart3d.blogspot.com.br</a> .....	17
Figura 13: Exemplo de roupas modeladas. Fonte: <a href="http://www.blendernation.com/2007/06/10/softbody-clothes-that-work/">http://www.blendernation.com/2007/06/10/softbody-clothes-that-work/</a> .....	17
Figura 14: Propaganda do Shopping Village Mall com Nicole Kidman. Neste trabalho, o avião foi modelado através do software de modelagem 3d Blender. As gravações com a Nicole Kidman foram realizadas em Nashville (EUA),utilizando-se do Chroma Key, foi	

possível fazer a composição da cidade do Rio de Janeiro, virtualmente. Fonte das imagens e mais informações acesse:

<http://recursoscomputacionais.wordpress.com/2011/06/16/recursos-computacionais-nos-comerciais-de-tv/>..... 18

Figura 15: Através da técnica de modelagem por revolução e utilizando uma curva (Nurbs curves), podemos modelar um jarro, por exemplo. Fonte: o autor..... 19

Figura 16: A modelagem através de Nurbs Surface (Curvas) pode ajudar o modelador a criar curvas suaves e bem delineadas como as de uma embalagem: a esquerda, modelando através de Nurbs Surface, e à direita, embalagem convertida para modelagem poligonal, já mtexturizada. Fonte: o autor..... 19

Figura 17: Exemplo de escultura digital produzida pelo escultor 3d Athos Sampaio. Fonte: <http://athossampaio.blogspot.com.br/2008/12/hakmush-um-rei-leonino-sketch-20-min.html> 20

Figura 18: Exemplo das etapas da modelagem poligonal. Geralmente Personagem toupeira do curta metragem Habitat Natural,2013. Fonte: O autor.....22

Figura 19: Exemplo de malhas poligonais. À esquerda o modelo é composto apenas por quadriláteros. À direita, por faces triangulares, quadriláteros e polígonos com mais de quatro vértices. Fonte: Revista 3D World, Ed.147, 2011, p44. ....23

Figura 20: Exemplo de *face loop* (em laranja) que, por sua vez, é composto por dois *edge loops*. Na imagem há dois *face loops* em destaque: um em torno dos olhos e outro entorno da boca, do personagem toupeira, do curta-metragem *Habitat Natural*,2013. Fonte: o autor.....25

Figura 21: Exemplos de edge loops em torno do olho de um personagem humanoide.(Fonte: [http://wiki.cgsociety.org/index.php/Edge\\_Loop](http://wiki.cgsociety.org/index.php/Edge_Loop))..... 26

Figura 22: Exemplos de edge loops em torno do olho de um personagem humanoide.(Fonte: [http://wiki.cgsociety.org/index.php/Edge\\_Loop](http://wiki.cgsociety.org/index.php/Edge_Loop)).....27

Figura 23: Modelo rascunhado de Bay Raitt para construir os edgeloops no ambiente tridimensional.Fonte:<http://zoomy.net/2008/04/02/modeling-with-edge-loops/>..... 28

Figura 24: Exemplo de edge loops para monstros. Produzido por Raul Tabajara Fonte: <http://www.foro3d.com/f122/edge-loop-concepto-practica-33375.html>.....29

Figura 25: edge loops de um corpo humano.Fonte: ArtturRicardo(<http://blendereffects.blogspot.com.br/2009/07/edge-loop.html> ).....31

Figura 26: *Edge loops* da perna. Fonte: <http://www.tresd1.com.br/forum/comentarios-e-grupos/grupos-de-estudo-e-dicas/20604/57.html>.....32

Figura 27: *Edge loops* das mãos Fonte: <http://www.3dartistonline.com/news/2013/06/topogun-tips-for-better-topology/>.....33

Figura 28: Através da retopologia, podemos diminuir consideravelmente o número de vértices de um modelo tridimensional produzido num software de escultura digital. Fonte: <http://fernandoreinicke.wordpress.com/2011/01/15/blender-2-5-retopologia-parte-i/>.....34

Figura 29: exemplo de retopologia da face de um personagem. Fonte: <http://fernandoreinicke.wordpress.com/tag/retopologia-2/>.....34

## Sumário

INTRODUÇÃO.....	9
1. A COMPUTAÇÃO GRÁFICA.....	10
2. A MODELAGEM 3D.....	12
3. MODELAGEM ORGÂNICA E GEOMÉTRICA (HARD SURFACES):.....	15
4. EMPREGOS DA MODELAGEM 3D DIGITAL.....	18
5. TIPOS DE MODELAGEM 3D DIGITAL.....	20
5.1 MODELAGEM NURBS.....	20
5.2 ESCULTURA DIGITAL .....	22
5.3 MODELAGEM POLIGONAL.....	24
5.3.1 A IMPORTÂNCIA DOS QUADRILÁTEROS.....	25
5.3.2 TOPOLOGIA E <i>EDGE LOOPS</i> .....	27
Considerações finais.....	37
Referências Bibliográficas.....	38
Recursos on line.....	38

## INTRODUÇÃO

A criação de formas tridimensionais na técnica digital, também conhecida como modelagem 3D, pode ser efetuada de várias maneiras. Em geral, sugere-se que seja criado um esboço bidimensional da forma ou personagem para direcionar o trabalho de modelagem. Além da preocupação com a forma, o profissional responsável pela modelagem 3D deve considerar a organização dos vértices, arestas e faces que determinam a estrutura do modelo. Tal organização é importante para que as deformações decorrentes do processo de animação sejam previsíveis e adequadas à fisiologia percebida do personagem. A maneira de organizar os vértices se dá por meio dos chamados *edge loops*.

### MODEL SHEET PERSONAGEM TOUPEIRA



Figura 1: Referências para modelagem da toupeira do filme Habitat Natural . Fonte:o autor.



Figura 2: Primeira versão da toupeira do filme Habitat Natural,2013, modelada em 3d. Fonte:o autor

## 1. A COMPUTAÇÃO GRÁFICA

As origens da computação gráfica<sup>1</sup>, segundo Alberto Lucena Júnior, se deram a partir da década de 1960 nos EUA e suas produções iniciais não tinham objetivos artísticos, pois serviam apenas como experimentos científicos. Esses experimentos aconteceram:

em virtude da percepção e do enorme interesse do governo dos Estados Unidos pelo que a computação gráfica poderia oferecer para a área militar, levando a uma injeção de capital em alguns centros de pesquisa universitários cujo montante fora calculado em bilhões de dólares. (LUCENA JÚNIOR, 2005: 210-211)

Além dos interesses governamentais, empresas privadas como *General Motors* e *Boeing*, entre outras, foram também importantes no fomento ao desenvolvimento à computação gráfica. A iniciativa privada:

estava atenta à movimentação dos mercados e verificava a vantagem competitiva que a informática trazia para as mais variadas aplicações nas quais a informação gráfica desempenhava papel significativo, levando-as a investir valores consideráveis no desenvolvimento da computação gráfica. (LUCENA JÚNIOR, 2005 P.: 211 )

No contexto de computação gráfica, alguns nomes de pioneiros nas pesquisas merecem ser lembrados, como o de William Fetter. Segundo Alberto Lucena, é de Fetter a expressão *computer graphics* (computação gráfica) usada pela primeira vez em 1963. Trabalhando para a *Boeing Aircraft Company*, em 1960,

---

<sup>1</sup>De acordo com a ISO- *International Standard Organization* (Organização de Normas Internacionais) “computação gráfica consiste no conjunto de métodos e técnicas utilizados para converter dados para um dispositivo gráfico, via computador”.

Fetter estava envolvido com vetores gráficos 3D feitos a partir de partes de modelos de aeronaves. Utilizando esse método, Fetter produziu os primeiros modelos de figuras humanas digitalizadas, aproveitadas em algumas das primeiras animações computadorizadas desenvolvidas por ele . As pesquisas de Fetter marcam uma evolução na computação gráfica, levando-a para as indústrias do entretenimento e publicidade

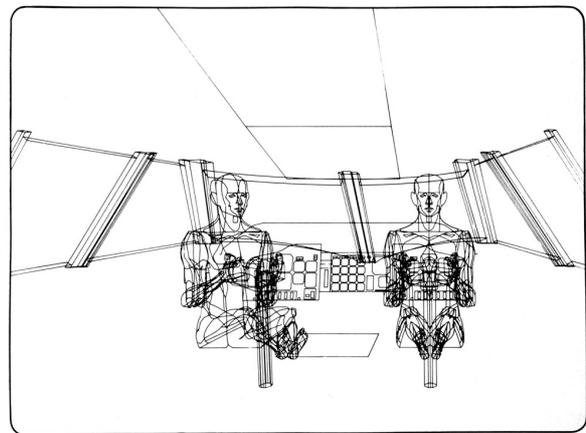
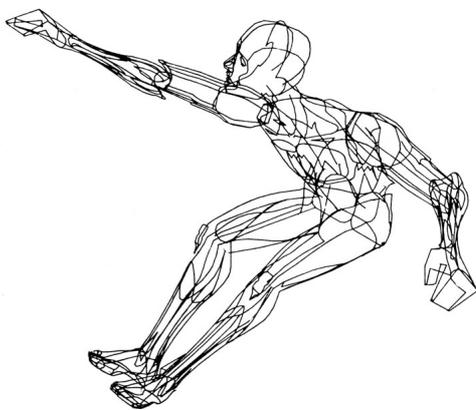


Figura 3: Modelo aramado em 3D e estudo para um modelo ótimo de posicionamento dos controles para os pilotos dentro de uma cabine de aeronave, em se tratando de ergonomia. Fonte: [http://uau-disney.blogspot.com.br/2009/10/william-fetter-1964\\_28.html](http://uau-disney.blogspot.com.br/2009/10/william-fetter-1964_28.html)/ <http://dada.compart-bremen.de/node/2715>

Experiências de pioneiros da computação gráfica como Fetter e Ivan Sutherland criador do *software* pioneiro e inovador para aplicações gráficas o *Sketchpad* -uma espécie de caneta digital que permitia ao usuário interagir direto na tela da interface- foram fundamentais para as aplicações em cinema de animação nas décadas seguintes.

## 2. A MODELAGEM 3D

O que chamamos por modelagem tridimensional pode ser entendido como o processo de criação tridimensional de um objeto, utilizando um *software* específico, que se baseia em cálculos matemáticos. O resultado dessa modelagem é conhecido como modelo tridimensional. Esse modelo pode ser rotacionado, escalonado e posicionado inteiramente no ambiente virtual, utilizando um *software* específico.

Embora a manipulação de materiais como argila ou silicone também possa ser entendido como modelagem tridimensional, o objeto deste trabalho é a criação de modelos 3D no ambiente digital. Esta pode ser entendida como um processo executado por meio de um computador e um programa que sustente este recurso.

A computação gráfica ganha profundidade e complexidade na década de 1970, quando já era possível criar gráficos tridimensionais(3d)

com faces coloridas e a emergência de superfícies curvas e para descrição de formas complexas (que efetivamente vão implicar, junto com técnicas de iluminação e textura, na apresentação de imagens realistas), a façanha de promover realismo explícito, tanto pelo aperfeiçoamento das técnicas existentes, quanto pelo oferecimento de novos e surpreendentes métodos. (LUCENA JÚNIOR, 2005, p.: 282)

Inicialmente, o artista tinha que manipular gráficos tridimensionais usando uma interface bidimensional. De acordo com Alberto Lucena (2005,283),

devido a descrição de linhas retas não constituir maiores problemas de implementação no computador, a geometria

baseada em polígonos converteu-se na opção padrão para a configuração de superfícies de modelos 3D.

Em modelagem 3d, polígono é a forma geométrica básica que constrói o modelo tridimensional. O polígono é formado por uma face e no mínimo três vértices(*vertex*) e três arestas (*edges*) .

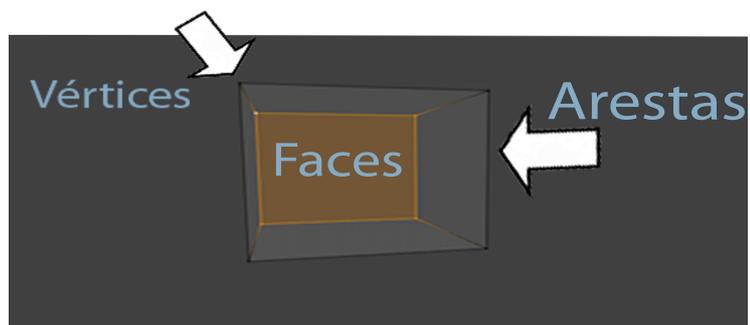


Figura 4: Exemplo de polígono de modelagem 3d . Em laranja temos uma face formada por quatro vértices que se ligam através de arestas. No caso, formam a malha tridimensional de um cubo.  
Fonte: o autor

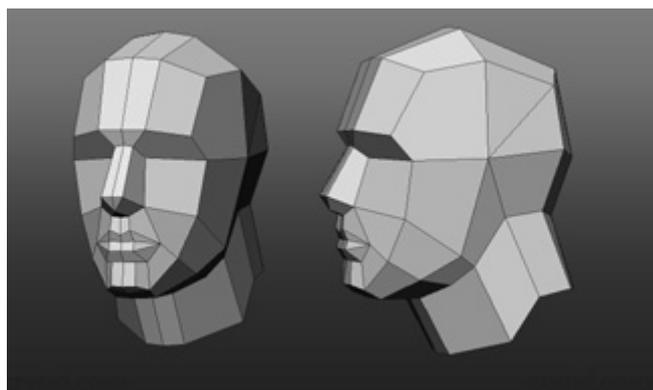


Figura 5: Exemplo de malha low -poly 3d  
Fonte:<http://www.polycount.com/forum/showthread.php?t=77206>

A conexão de uma série de polígonos, unidos por seus vértices e arestas, é chamada malha tridimensional. O número de polígonos que compõem a malha é geralmente relacionado à quantidade de detalhes desejados para a forma resultante. Malhas mais densas, com maior número de polígonos, são geralmente criadas para

se obter formas mais detalhadas e são normalmente referidas como *High-poly*<sup>2</sup>, enquanto as malhas com menor densidade de polígonos são chamadas de *Low-poly*.

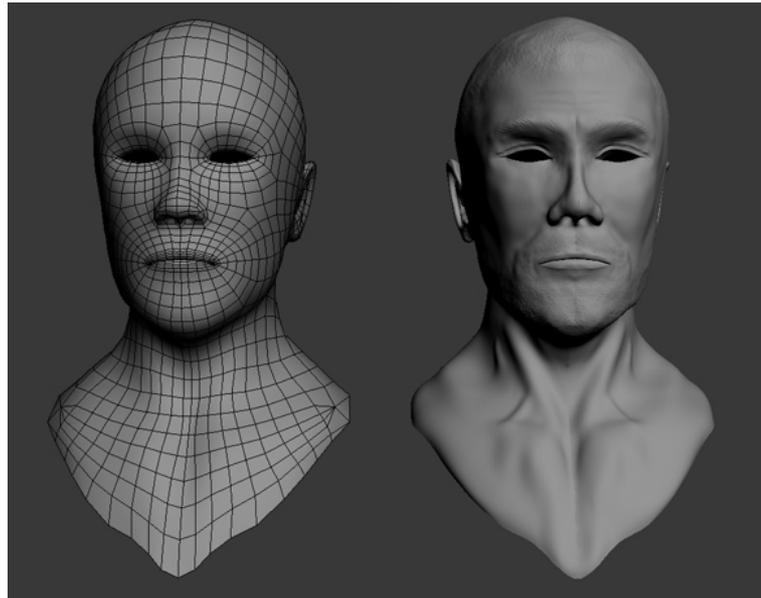


Figura 6: Exemplo de malha high -poly 3d  
Fonte:<http://www.3dbuzz.com/forum/threads/191044-Western-Outlaw-Character>

À medida que os sistemas computacionais foram evoluindo, juntamente com novas técnicas de modelagem e animação, os personagens ficaram mais atraentes e sua estrutura poligonal pôde aumentar muito devido à boa capacidade de processamento das máquinas. A personagem *Lara Croft*, do game *Tomb Raider* é um exemplo dessa evolução na modelagem.

---

<sup>2</sup>- *High poly* é uma malha tridimensional com grande quantidade de vértices, *Low poly*, por sua vez é uma malha com poucos vértices

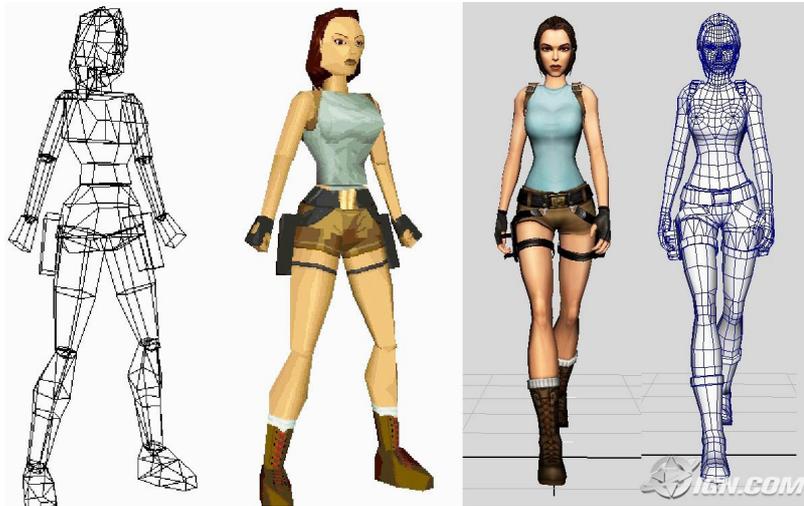


Figura 7: A evolução na modelagem da personagem Lara Croft do game Tomb Raider: observe, à esquerda, as mãos em formato de cubo (os dedos são simulados através da textura); na imagem da direita as mãos já bem mais definidas, com dedos e uma quantidade de polígonos bem maior. Fonte: <http://nadave.net/tag/evolution/>

Os conceitos de *Low Poly* e *High Poly* não são absolutos, mas relativos aos sistemas computacionais usados. O que era uma malha *High Poly* em um jogo do videogame lançado em 1994, *PlayStation 1*, por exemplo, é *Low Poly* para o processamento do *Play Station 3* lançado em 2006.

### 3. MODELAGEM ORGÂNICA E GEOMÉTRICA (*HARD SURFACES*):

A modelagem orgânica compreende a construção, no *software 3d*, de formas complexas e inspiradas em elementos da natureza, que possuem organizações e assimetrias característicos, como formas vegetais, animais ou rochosas. Desta maneira, os conhecimentos de anatomia e proporção ajudam o artista 3d a criar modelos orgânicos com mais facilidade e precisão.

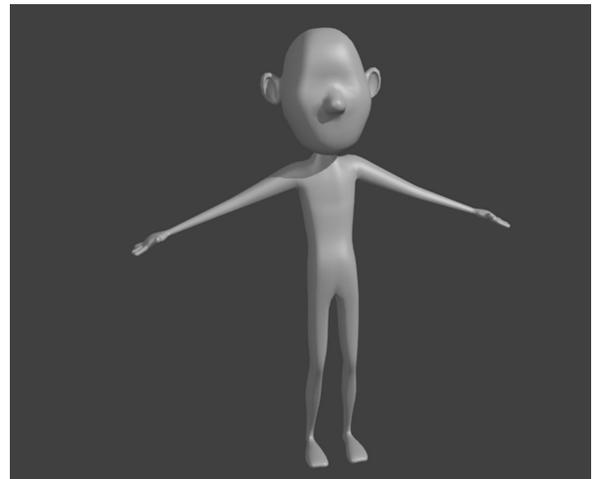
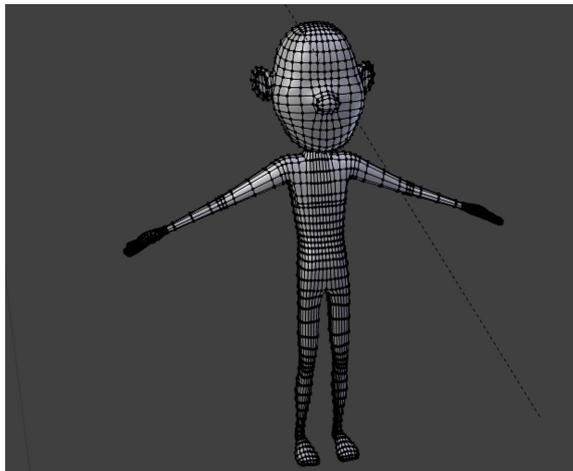


Figura 8: Exemplo de modelagem Orgânica. Fonte: O autor

Já a modelagem geométrica, também conhecida como modelagem *hard surface*, baseia-se em curvas e planos, objetos e estruturas construídas pelo homem como edifícios, móveis e ferramentas. Embora haja objetos criados pelo homem que exijam alta especialização e complexidade para a reprodução no ambiente 3D Digital, a criação de objetos simples em modelagem geométrica é indicada para aqueles que iniciam os estudos em modelagem. O modelador deve atentar-se quanto à proporção dos objetos, bem como a fluidez dos polígonos da malha.

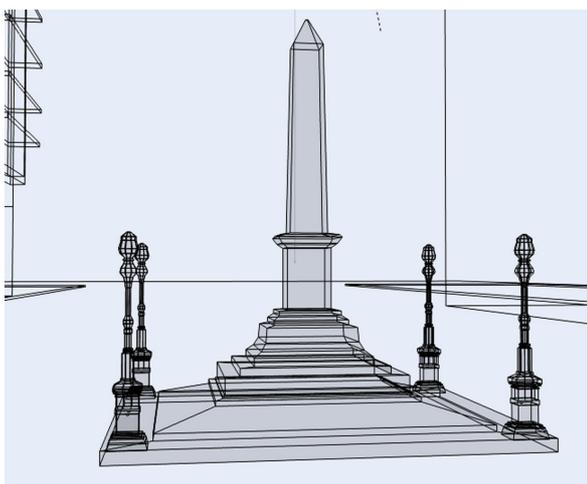


Figura 9: Exemplo de modelagem geométrica (Hard surface). Fonte: O autor.

Contudo, nem toda modelagem de objeto é *hard surface* e nem toda modelagem de personagem é orgânica. Há objetos que, embora construídos pelo homem, fazem parte de um universo orgânico, *cartoon*.



Figura 10: Vemos casas ao fundo que, embora construídas pelo homem, possuem características orgânicas. Fonte: [http://cdn.blu-raydefinition.com/wordpress/wp-content/uploads/2012/08/Lorax-3D-BD\\_02.jpg](http://cdn.blu-raydefinition.com/wordpress/wp-content/uploads/2012/08/Lorax-3D-BD_02.jpg)

Personagens também podem ser do tipo *hard surface*, como o Bender de Futurama.



Figura 11: o personagem Bender da série Futurama possui características de *hard surface*  
Fonte: <http://forum.naruto.viz.com/showthread.php?t=129697>

#### 4. EMPREGOS DA MODELAGEM 3D DIGITAL

Os modelos criados na técnica 3D Digital podem ser usados em diversas situações como:

Na criação de roupas, joias, prédios, parafusos, peças, *design* de interiores, ambientes, etc; através do método *CAD*<sup>3</sup> (*Computer Aided Design*). Basicamente, trata-se da elaboração de modelos digitais para facilitar a etapa de desenho técnico e visualização de projetos diversos em engenharia, *design* e até geologia. São exemplos de programas usados *AutoCad*, *SolidWorks*, *SolidEdge*, *MicroStation*; etc.

CAD serve às necessidades da engenharia e ciências exatas que necessitam de um modelo virtual para analisar suas teorias sem a necessidade da construção do objeto real. Também por isso utilizam ferramentas para garantir maior precisão das medidas do objeto 3d. (LOURENÇO, 2009)

---

3- CAD significa: desenho por auxílio de um computador

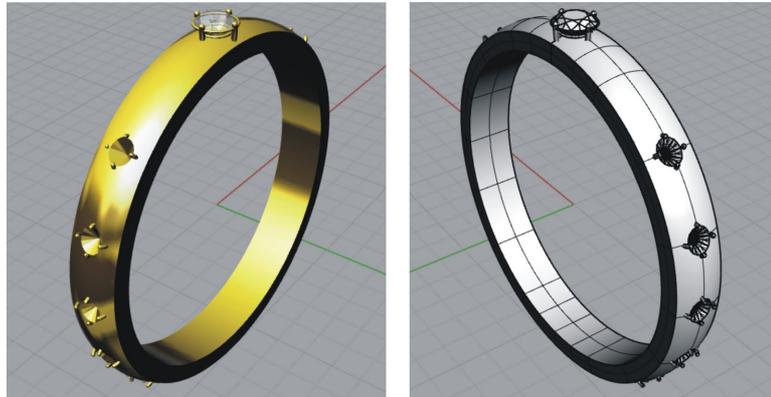


Figura 12: Exemplo de joias modeladas.  
Fonte: [www.murilloart3d.blogspot.com.br](http://www.murilloart3d.blogspot.com.br)

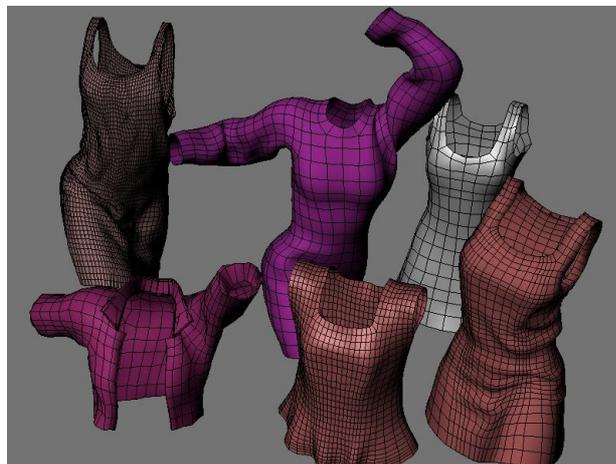


Figura 13: Exemplo de roupas modeladas. Fonte:  
<http://www.blendernation.com/2007/06/10/softbody-clothes-that-work/>

Na criação de personagens para *games*, para indústria cinematográfica, animações, na criação de propagandas de TV. *Autodesk Maya*, *Autodesk Studio Max*, *Blender*, *Autodesk Softimage*, *LightWave*, *Cinema 4D*, *Rhinoceros*, *Modo Mari*, são exemplos de programas que podem ser utilizados no processo de animação. Resumidamente, a modelagem tridimensional, pode ser empregada em dois grupos: um técnico (dos programas *CAD*) e um artístico (dos programas de animação 3D, que incluem os de escultura digital).

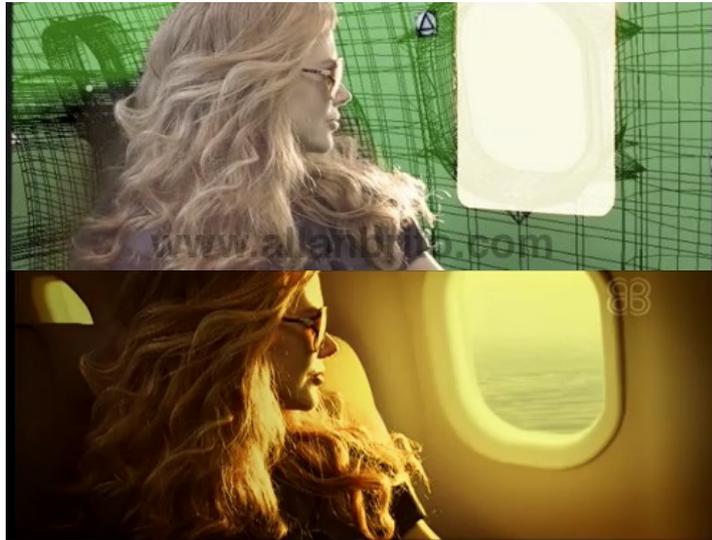


Figura 14: Propaganda do Shopping Village Mall com Nicole Kidman. Neste trabalho, o avião foi modelado através do software de modelagem 3d Blender. As gravações com a Nicole Kidman foram realizadas em Nashville (EUA), utilizando-se do Chroma Key, foi possível fazer a composição da cidade do Rio de Janeiro, virtualmente. Fonte das imagens e mais informações acesse: <http://recursoscomputacionais.wordpress.com/2011/06/16/recursos-computacionais-nos-comerciais-de-tv/>

## 5. TIPOS DE MODELAGEM 3D DIGITAL

Para se criar modelos na técnica 3D Digital é possível usar, basicamente, três métodos: modelagem por NURBS, Escultura Digital ou Modelagem Poligonal. Pode-se modelar através de basicamente três maneiras:

### 5.1 MODELAGEM NURBS

De maneira sucinta, podemos dizer que a modelagem por NURBS( *Non Uniform Rational Basis Spline*) consiste na criação de linhas transversais no objeto por meio de curvas. Essas curvas serão cobertas por uma superfície e darão origem ao volume do objeto. NURBS, é ótimo para criar modelos do tipo *hard surface*, como carros, mas não é tão eficaz para modelar personagens complexos com detalhes como rugas, dobras ou cicatrizes, por exemplo.

Essa técnica de modelagem é utilizada, nos programas gráficos, para gerar e representar curvas e superfícies. Através de dois parâmetros mapeados, é

gerada a superfície tridimensional. O utilizador pode alterar a forma dessa superfície pelos pontos de controle. Quanto mais pontos de controle, maior a precisão das curvas.



Figura 15: Através da técnica de modelagem por revolução e utilizando uma curva (Nurbs curves), podemos modelar um jarro, por exemplo. Fonte: o autor.

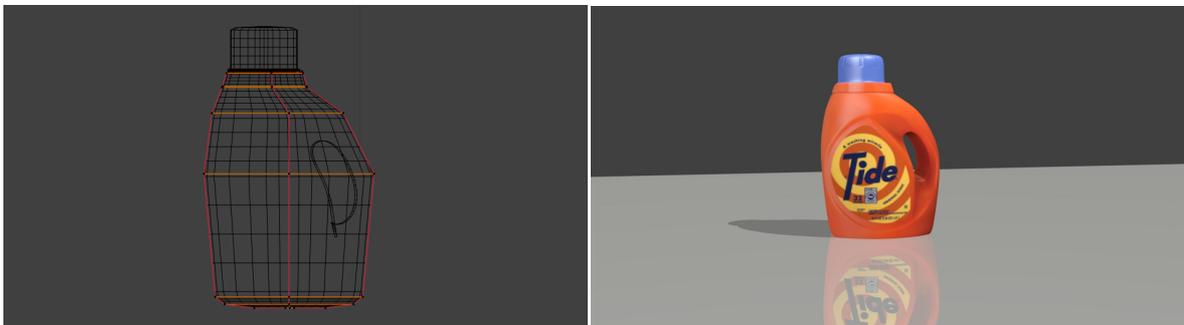


Figura 16: A modelagem através de *Nurbs Surface* (Curvas) pode ajudar o modelador a criar curvas suaves e bem delineadas como as de uma embalagem: a esquerda, modelando através de *Nurbs Surface*, e à direita, embalagem convertida para modelagem poligonal, já mtexturizada. Fonte: o autor

Num primeiro momento, a tecnologia NURBS foi utilizada nos pacotes de CAD para empresas automotivas, sendo incorporada mais tarde nos programas gráficos. Se faz presente na produção de peças de fábrica, engenharia e indústria.

Com NURBS é possível criar formas geométricas. Essas formas são moldadas através de um programa de modelagem e daí surgem vários produtos como joias, móveis, maquetes de prédios, carros, etc.

## 5.2 ESCULTURA DIGITAL

Essa técnica de modelagem é muito usada na indústria cinematográfica pois apresenta facilidade na criação de modelos 3d com superfícies detalhadas e com relevos, peles, terrenos. Assemelha-se ao método de modelar um bloco de argila.

O volume do objeto, formado por polígonos é deformado de forma mais intuitiva, acrescentando ou retirando o volume de sua superfície através do *mouse* ou uma mesa digitalizadora. Alguns programas utilizados em escultura digital são o *Zbrush*; *Mudbox*; *Modo*; etc.

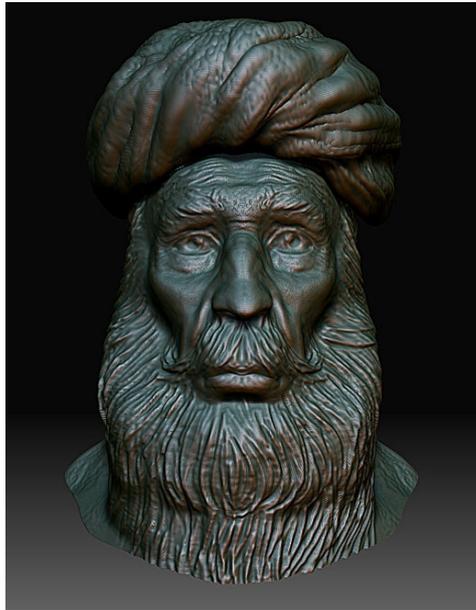


Figura 17: Exemplo de escultura digital produzida pelo escultor 3d Athos Sampaio.

Fonte:

<http://athossampaio.blogspot.com.br/2008/12/hakmush-um-rei-leonino-sketch-20-min.html>

Utilizando ferramentas de escultura em programas como o *Mudbox* ou *Zbrush*, o artista faz as intervenções e esculpe o modelo, dando forma à malha tridimensional. O escultor 3d pode exercitar sua criatividade na elaboração das formas de um personagem sem se preocupar com a estrutura de vértices que compõem a malha tridimensional. Como base para a escultura, é possível se criar uma malha poligonal e utilizar ferramentas que facilitam o processo de modelagem 3d como a ferramenta *Sculpt Mode*. Utilizando essa técnica, pode-se esculpir de modo mais intuitivo o modelo 3D, através de um *mouse* por exemplo, dando a esse modelo um aspecto mais orgânico. A malha poligonal usada, é criada para determinar o formato básico do objeto ou personagem a ser refinado com o processo de escultura digital.

Após esse processo, acontece a chamada retopologia que consiste em criar uma nova malha tridimensional através da técnica de modelagem poligonal, alinhada sobre a forma da escultura digital, mas com topologia que forneça um correto posicionamento dos *edge loops*.

Faz-se a retopologia para corrigir erros pontuais na modelagem ou para reconstruir uma forma por completo. É possível fazer aberturas na malha e controlar a quantidade de polígonos. Por exemplo, é possível criar através da retopologia, uma versão *low poly* para uso em games de uma escultura digital detalhada.

### 5.3 MODELAGEM POLIGONAL

É a técnica de modelagem tridimensional mais difundida. A modelagem poligonal utiliza-se da criação de uma malha tridimensional que darão origem a uma série de polígonos que podem ser deformados para a criação do modelo 3d.

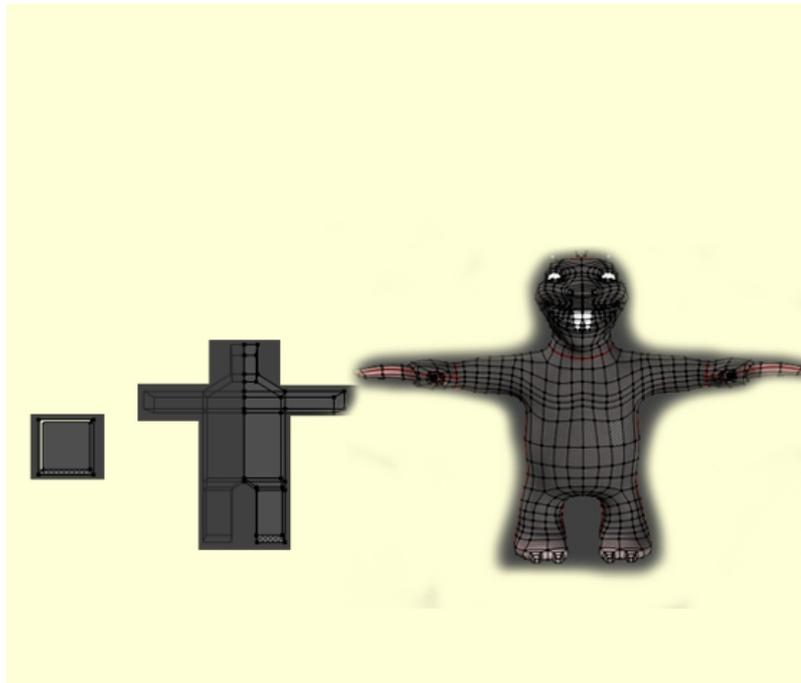


Figura 18: Exemplo das etapas da modelagem poligonal. Geralmente Personagem toupeira do curta metragem Habitat Natural,2013. Fonte: O autor

Esse tipo de modelagem é utilizado tanto para objetos orgânicos como para os feitos pelo homem, conhecidos como *hard surface modeling*.

O sistema de modelagem é quase que totalmente feito com base em subdivisão. O método consiste em criar uma geometria simples, como um cubo, e subdividir esse cubo em formas mais complexas. (BRITO, 2010: 72)

Primeiramente, cria-se uma malha (*mesh*). Uma forma primitiva como um cubo, esfera, cilindro, etc e a partir desta forma primitiva, o modelador pode subdividi-la, escaloná-la, encurtá-la, etc, dando a forma ao objeto. Através da geometria dessa malha, utiliza-se principalmente a ferramenta *extrude*, aumentando a complexidade do objeto que se modela. Fazendo sucessivas “extrusões<sup>4</sup>” a malha ficará mais complexa e com mais vértices (*vertex*), arestas (*edges*) e faces (*faces*).

### 5.3.1 A IMPORTÂNCIA DOS QUADRILÁTEROS

Quando modelar através de métodos poligonais, é recomendável utilizar faces com quatro vértices, isto é, quatro lados, na malha final (aquela em que será o personagem por exemplo, já finalizado). Conhecida como *quads* (quadriláteros) esta malha irá dobrar em vincos, linhas e áreas mais previsíveis e que podem ser controladas. Se a malha for construída fora deste parâmetro, como por exemplo uma face que tenha três vértices (triângulos na malha) ela está sujeita a formar deformações durante a animação, desfigurando o personagem.

Além disso, se o objeto é modelado através de 3 pólos (vértices) e com isso formando triângulos, essas faces triangulares quando subdivididas na malha, criam desordem, não permitindo o controle sobre a fluidez dos *edge loops*. Os vértices criam para a tensão na malha e essa tensão pode ser mais intensa, ou mais suave:

Imaginemos que cada vértice é um ponto ao qual está ligado um elástico. Se puxarmos este elástico através de um quadrilátero, a tensão criada terá maior facilidade de se espalhar mais uniformemente. Isto não acontece quando estamos trabalhando com triângulos. (ESPINDULA, 2009)

---

4 -O termo extrusão vem do uso industrial de moldes através dos quais é forçada a passagem de certa matéria-prima que assim adquire o formato da matriz. É visto na indústria de plásticos e metais. Uma bisnaga de confeitiro para decoração em bolos usa o mesmo princípio.

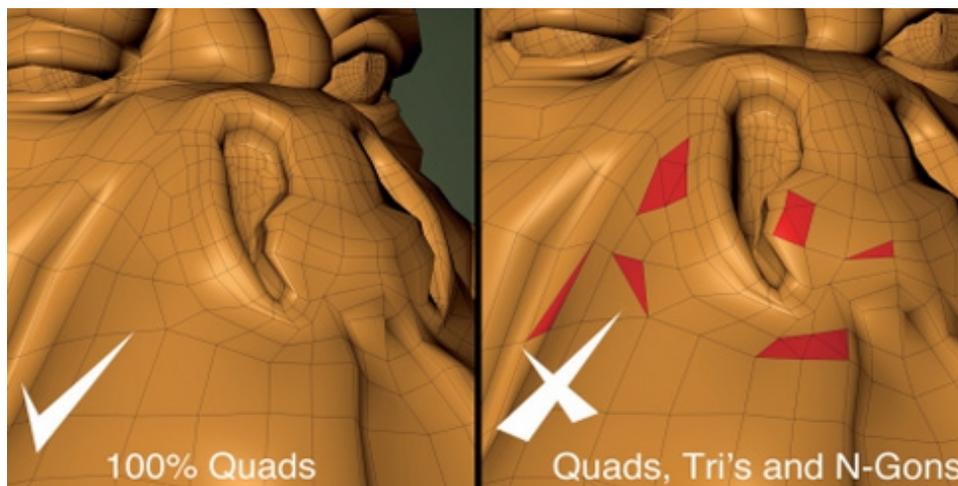


Figura 19: Exemplo de malhas poligonais. À esquerda o modelo é composto apenas por quadriláteros. À direita, por faces triangulares, quadriláteros e polígonos com mais de quatro vértices. Fonte: Revista 3D World, Ed.147, 2011, p 44.

Na figura 29, observamos no primeiro quadro que os polígonos são quadriláteros, isto é, apresentam quatro vértices. No segundo, porém, há polígonos formados por três vértices que são contraindicados em modelagem orgânica ou formas que venham a ser animadas, pois podem comprometer o movimento da malha.

Através de formas quadriláteras, os polígonos tendem a ficar mais assentados, na malha tridimensional, já as formas triangulares são pontiagudas e tensionadas.

### 5.3.2 TOPOLOGIA E *EDGE-LOOPS*

Basicamente, *edge loops* são uma sequência de arestas conectadas numa malha, onde a última aresta se liga novamente à primeira, formando um laço. Daí o nome *Edge* (aresta) *Loop* (laço).

Por sua vez, dois *edge loops* paralelos no rosto de um personagem, correspondem a um *face loop*. Através dos *face loops* feitos no modelo 3d, as expressões faciais como sorrir e fechar os olhos acontecem de forma mais natural .

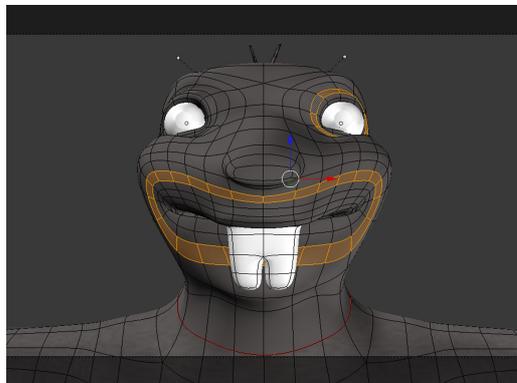


Figura 20: Exemplo de *face loop* (em laranja) que, por sua vez, é composto por dois *edge loops*. Na imagem há dois *face loops* em destaque: um em torno dos olhos e outro entorno da boca, do personagem toupeira, do curta-metragem *Habitat Natural*, 2013. Fonte: o autor.

Ao criar malhas tridimensionais para uso em cinema de animação, o modelador deve levar em conta os movimentos que o seu personagem ou modelo 3d irá desempenhar para que, quando animado, seu movimento seja convincente. Certas formas na modelagem ajudarão essa malha a distorcer-se corretamente, outras, dificultarão a animação, pois tendem a distorcer a malha onde não devem.

Sem os *edge loops* um personagem serve apenas como estátua, pois qualquer movimento que ele realize, a malha (*vertex* e *edges*) irão se entrelaçar gerando uma atenção que deformará a estrutura do personagem trazendo má qualidade ao trabalho. (TABAJARA, 2009)

A técnica conhecida como *edge loops*, funciona como um meio de construir o modelo em 3d para que se movimente de forma natural na etapa de animação. Os *edge loops* funcionam em cadeia de modo que, ao movimentar um grupo de vértices que compõem um *edge loop*, o *edge loop* vai, logo em seguida, deformar-se de maneira natural. O *edge loop* é

uma técnica de confecção de malha 3d cuja regra reza que as *EDGES* de um modelo devem seguir em forma de *LOOPS*, como as fibras dos músculos dos animais.

(TABAJARA, 2009)

A técnica dos *edge loops* é essencial na modelagem poligonal. Ao usar polígonos na modelagem, deve-se levar em conta o movimento provável do personagem, para que a malha se comporte de maneira mais previsível quando se distorce. A estrutura da malha (*mesh*) deve ser construída de maneira atenciosa quanto à colocação dos *edges loops* para que, quando o personagem se movimente, essa malha não sofra alterações (como encolher ou se avolumar exageradamente, por exemplo) onde não deve, para que a interpretação do movimento pelo espectador seja convincente.

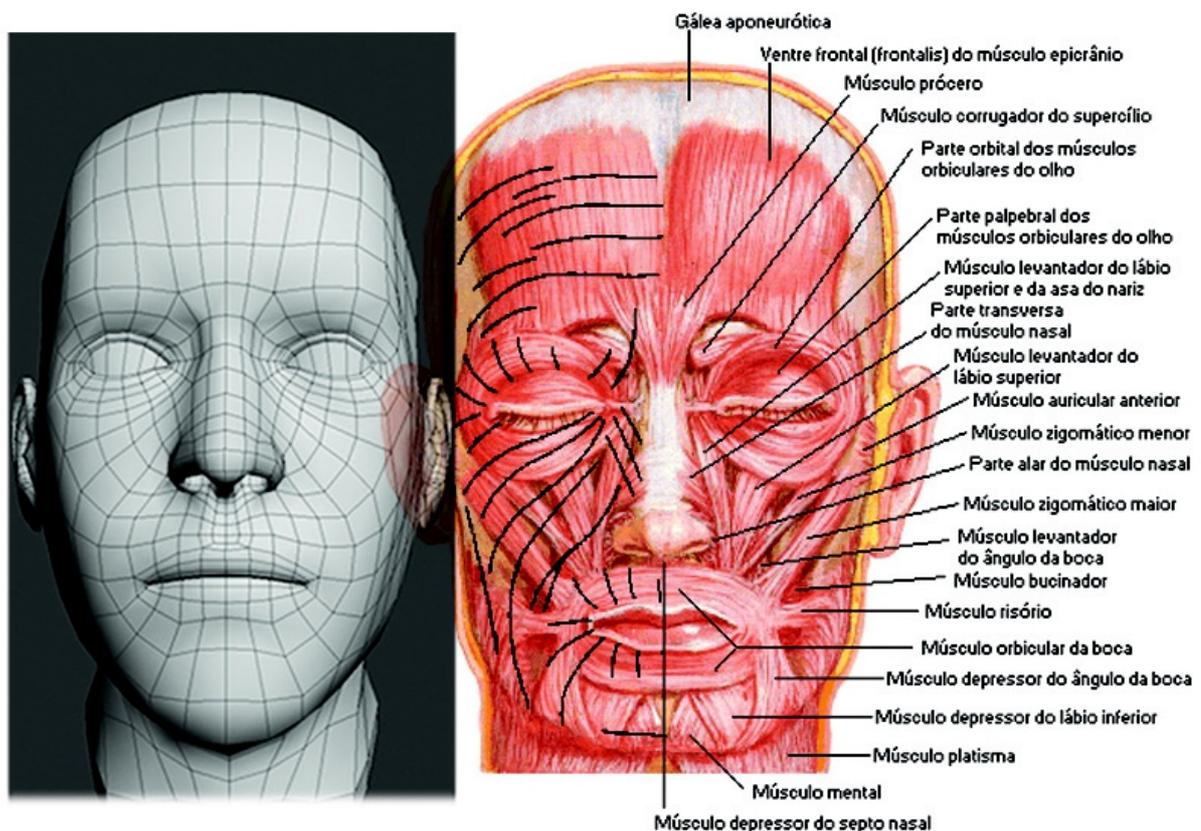


Figura 21: Edge loops e Estrutura muscular da face de um humano  
 (Fontes: <http://forums.3dtotal.com/showthread.php?t=64344> e  
<http://www.auladeanatomia.com/sistemamuscular/facee.htm>)

O processo de construção correta dos *edge loops* baseia-se na estrutura muscular. Por exemplo: se o personagem for um humano, o músculo *Orbicular bucal* deve ser levado em conta ao construir a malha em torno da boca. Dessa forma, o personagem poderá sorrir, abrir e fechar a boca, por exemplo. Ao construir as áreas em torno dos olhos, o artista 3d deve ter atenção aos músculos *Orbiculares* do olho, que darão, por sua vez, referência para os *edges loops* do entorno do olho (ver figura 21).

Os olhos e a boca, são as regiões do rosto que mais representam as emoções de um personagem, e são o foco da atenção dos espectadores de um filme. Ao dar um sorriso por exemplo, basicamente o músculo Zigomático e o Risório, que se localizam em torno da boca, movimentam-se e logo entendemos que o sorriso aconteceu. Os olhos por sua vez, só conseguem piscar por conta da

musculatura em seu entorno que ao contraírem ou descontraírem faz com que aconteça o movimento das pestanas.

A modelagem é feita pensando-se nos *edge loops* como se fossem músculos, fazendo os cortes, como os cortes no cotovelo que permitirão que esse personagem dobre o braço, as pernas na altura do joelho, e suas articulações, por exemplo. Os *loops*, em torno dos olhos e boca, são feitos de forma radial partindo do centro permitirão por exemplo, movimentar as sobrancelhas e avolumar as bochechas, fortes colaboradoras que dão expressão ao personagem junto aos olhos.

Os *loops* da testa também são importantes para criar as dobras e rugas.

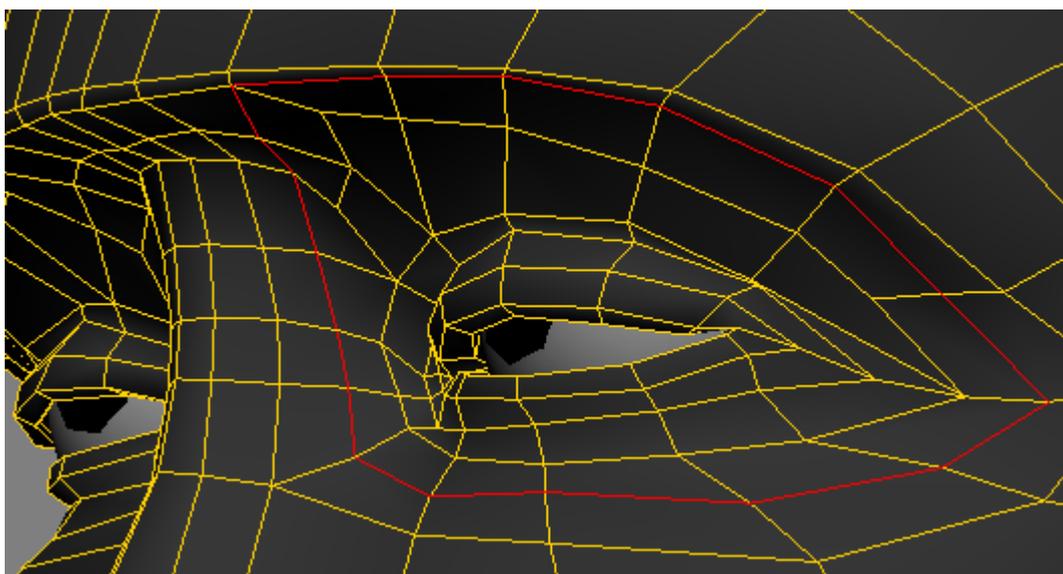


Figura 22: Exemplos de edge loops em torno do olho de um personagem humanoide.(Fonte: [http://wiki.cgsociety.org/index.php/Edge\\_Loop](http://wiki.cgsociety.org/index.php/Edge_Loop))

O modelador *Bay Raitt*, responsável pela criação do rosto gerado por computador para o personagem *Gollum* em *O Senhor dos Anéis* trilogia, dentre outros grandes trabalhos, segundo (*RICHARDSON, Peter*2008) (tradução nossa), popularizou uma técnica de *edge loop*, largamente utilizada pelos modeladores faciais. Através de um arco por cima da ponte do nariz, é possível adicionar detalhes, um controle maior sobre os movimentos em áreas onde é necessário

haver um refinamento maior, bem como esconder a geometria em áreas menos importantes para determinado movimento.

Segundo *Raitt* (1998, tradução nossa), “um *loop* de borda imita os músculos, e se construída corretamente, lhe dará controle sobre contorno e silhueta em *qualquer posição*.”

Onde há mais detalhes, como por exemplo, em torno dos olhos e boca, são acrescentados mais cortes na malha, formando mais *loops*. Em áreas onde há um menor detalhamento, como por de trás da cabeça, por exemplo, não há necessidade de muitos *loops*.

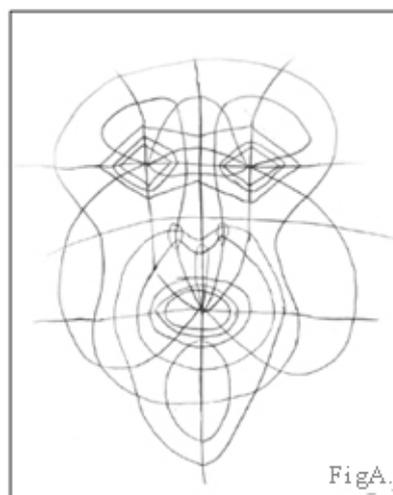


Figura 23: Modelo rascunhado de Bay Raitt para construir os edgeloops no ambiente tridimensional. Fonte: <http://zoomy.net/2008/04/02/modeling-with-edge-loops/>

Os *edge loops* não são apenas aplicados nos rostos: são utilizados em qualquer forma orgânica que irá distorcer-se de maneira não linear. Nesse sentido, é interessante familiarizar-se com a anatomia do modelo tridimensional já que, por exemplo, ele poderia ser um monstro e sua movimentação seria baseada de forma intuitiva. A construção dos *loops* na sua modelagem, deve estar intimamente ligada

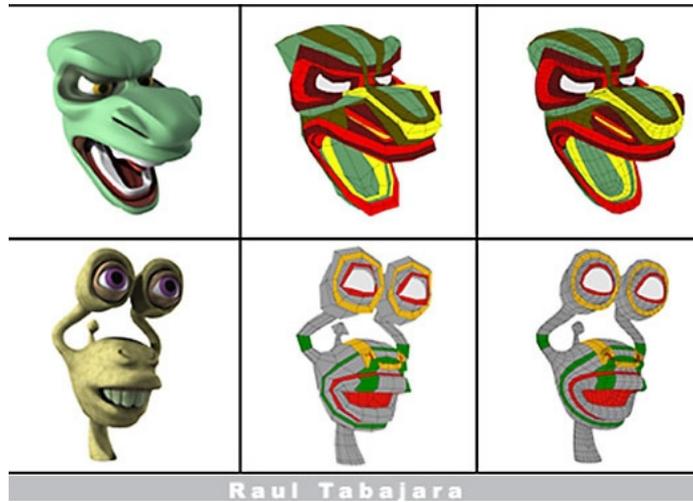
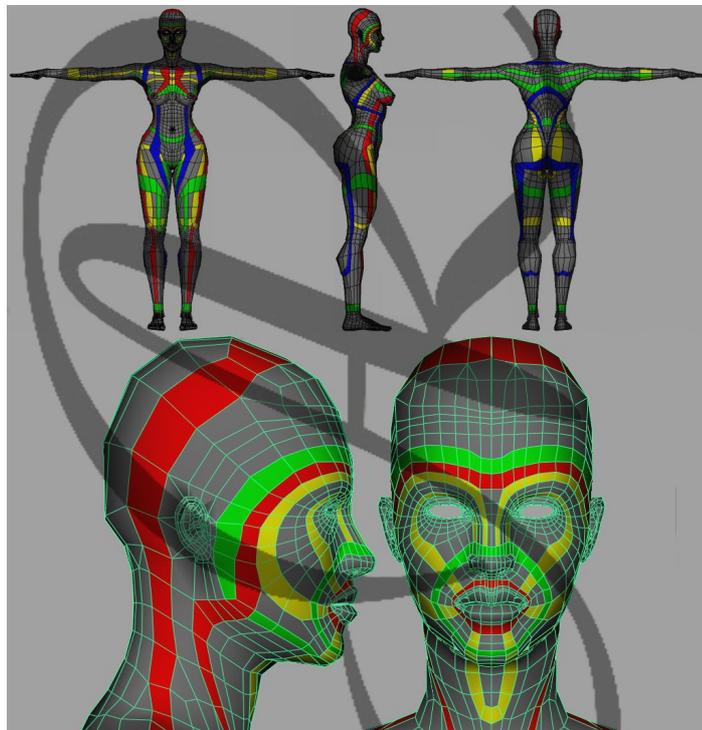


Figura 24: Exemplo de edge loops para monstros. Produzido por Raul Tabajara Fonte: <http://www.foro3d.com/f122/edge-loop-concepto-practica-33375.html>

a maneira que este personagem irá comportar-se quanto à sua movimentação e consequentemente, à distorção de sua malha.



*Loops* podem coexistir.[...] Os laços podem tocar-se, cruzar-se ou ser parte de cada *loop* externo, o que é legal. Portanto, isto significa que você pode formar seu ciclo em torno dos olhos, da boca e puxar um *loop* do nariz que se cruza na boca, (ou um *loop* da ponta da boca ou nariz) sem problemas.

(TOONTJE. "Poles and loops" in "Blender Artists.org - A Blender Community", 2007)

*Edge Loops* do joelho por exemplo devem ser dispostos da maneira da figura 26 . Nas articulações são feitos basicamente 3 *loops*, para que a dobra seja mais suave.As *edges* localizadas atrás do joelho, são as que mais sofrem com a movimentação de dobrar a perna. Observa-se que os vértices são dispostos mais afastados pois assim não ficarão sobrepostos quando a perna se dobrar, já que a tendência é que haja uma compressão entre os polígonos desta região .Esta mesma lógica de dispor as *edges* mais afastadas acontece nos cotovelos.

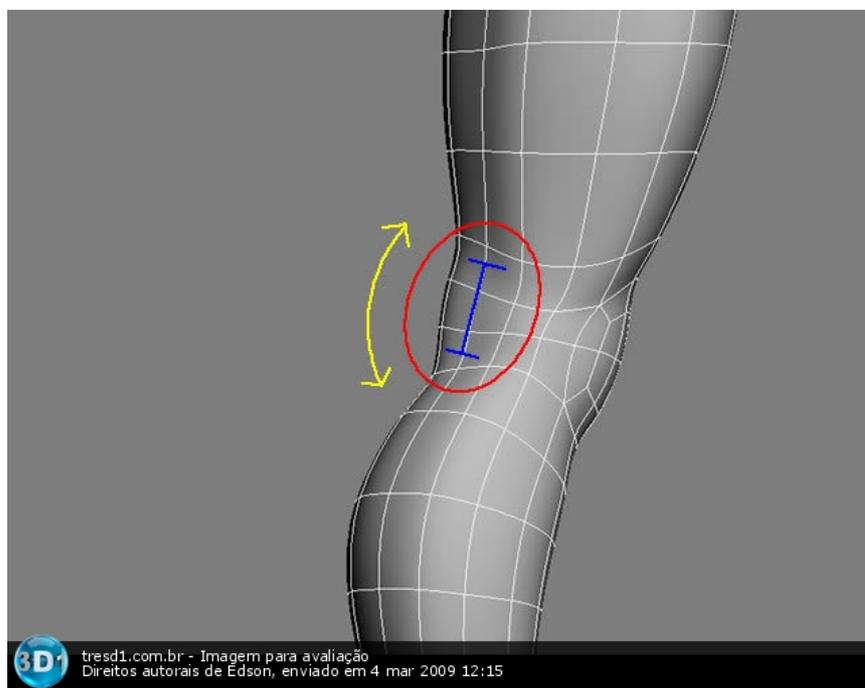


Figura 26: *Edge loops* da perna. Fonte: <http://www.tresd1.com.br/forum/comentarios-e-grupos/grupos-de-estudo-e-dicas/20604/57.html>.

Nas articulações das mãos devem três *edge loops* são suficientes como mostra a figura 26.

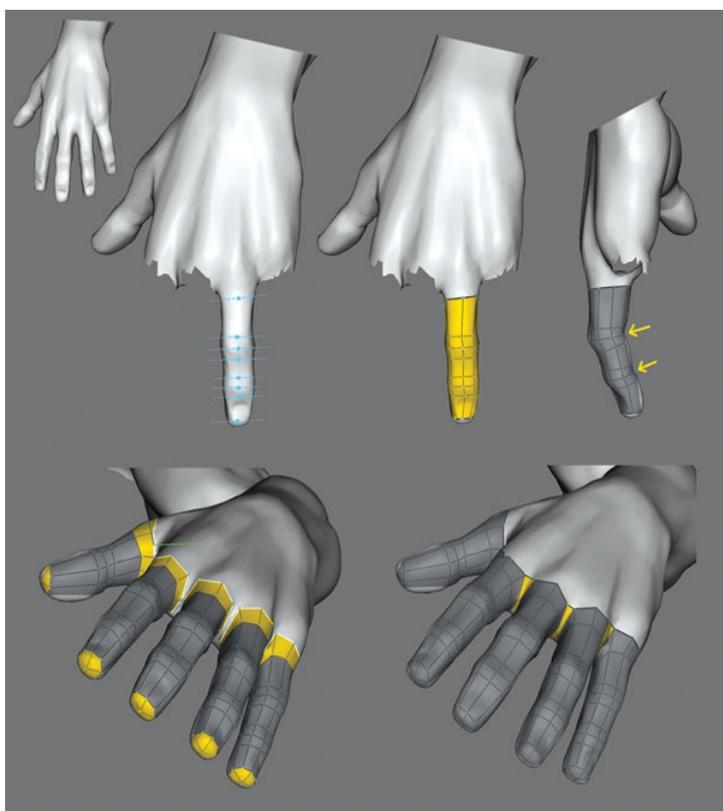


Figura 27: *Edge loops* das mãos Fonte:  
<http://www.3dartistonline.com/news/2013/06/topogun-tips-for-better-topology/>

Segundo o artista modelador 3d *Glen Southern*, a boa topologia está no centro da modelagem por subdivisão, ignorá-la é perigoso” (*3D World*, Ed.147, 2011, p 44). A modelagem pode ser construída através de uma forma simples como um cubo, e a partir daí, gerando as subdivisões vértice por vértice, a forma básica vai se

subdividindo, gerando a forma o modelo tridimensional. Segundo Jonathan Williamson (2012: 324),

topologia refere-se a estrutura que a malha flui. [...] uma topologia limpa e adequada afeta drasticamente quão bem um modelo irá deformar enquanto animado. Ela (topologia) também torna muito mais fácil de modificar o modelo se for necessário.

A técnica da modelagem conhecida como retopologia consiste em “reconstruir”, “reformatar” a malha tridimensional baseando-se numa topologia tridimensional já previamente produzida. Através do método, o modelador pode atentar-se para produzir os *edge loops* do modelo que antes não existia, corrigir imperfeições na malha, criar menos ou mais vértices, fazer orifícios em áreas da malha.



Figura 28: Através da retopologia, podemos diminuir consideravelmente o número de vértices de um modelo tridimensional produzido num software de escultura digital. Fonte: <http://fernandoreinicke.wordpress.com/2011/01/15/blender-2-5-retopologia-parte-i/>

A retopologia é costumeiramente utilizada após o modelador produzir uma forma orgânica, em programas de escultura digital como o *Zbrush*.

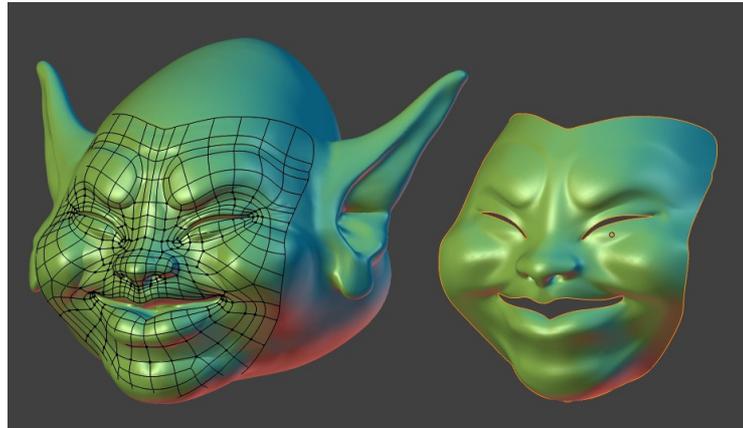


Figura 29: exemplo de retopologia da face de um personagem. Fonte: <http://fernandoreinicke.wordpress.com/tag/retopologia-2/>

Ele poderá, através da retopologia, criar detalhes como rugas, dobras e saliências deste modelo tridimensional que antes não foram produzidos assim como produzir os *edge loops* -fundamentais para a boa deformação da malha no processo de animação.

### ***Considerações finais***

Ao produzir meu curta metragem de graduação em Cinema de Animação pela UFMG- *Habitat Natural*- na técnica 3d digital e após produzir esta monografia, percebo que os *edge loops* são de fundamental importância durante a modelagem 3D.

Em um desenho, deve ser levada em conta a anatomia de um personagem ou mesmo a proporção de objetos. Quando manipulamos um modelo na técnica 3d digital, os “cortes” que ligam uma aresta a outra formam um laço. Esses laços são conhecidos como *edge loops* e também devem ser levados em conta durante a fase de modelagem tridimensional. A diferença é que não estamos utilizando lápis e papel para criar o desenho com suas curvas e proporções adequadas, mas o mouse ou uma mesa digitalizadora para desenvolver o modelo tridimensional.

Àqueles que estudam a modelagem no ambiente 3d digital, seja qual for o *software* utilizado, devem atentar-se para a criação e posicionamento correto dos polígonos da malha. Esse posicionamento é controlado pelos vértices que tensionam ou suavizam a malha. O correto manejo dos *edge loops* nessa malha contribuirá para que o personagem possa ser animado sem distorções erradas em sua malha. Além disso, os *edge loops*, colocados de maneira correta, facilitarão processos seguintes da animação como a texturização, por exemplo.

Logo, essa pesquisa visa ajudar aos interessados a entender melhor os *edge loops*, esta importante técnica do 3d digital.

## Referências Bibliográficas

BRITO, Allan. Blender 3d guia do usuário 3ª ed., 2008

LUCENA JÚNIOR, Alberto. Técnica e estética através da história.2ª Ed.,2005.

MULLEN, Tony/ ANDAUR Claudio. Blender studio projects digital movie-making. Indianapolis, Indiana, 2010.

SOUTHERN, Glen. The shape of things: understanding topology, 3D World 044, Junho 2011

WILLIAMSON, Jonathan Carter. **Character development in Blender 2.5**. Boston, MA,2012.

## Recursos *on line*

EDGE LOOP ; Em:[http://wiki.cgsociety.org/index.php/Edge\\_Loop](http://wiki.cgsociety.org/index.php/Edge_Loop)  
Acesso em: 13/06/2013

ESPINDULA, Arttur Ricardo de Araújo. Conhecimento base - edge loop.  
<http://blendereffects.blogspot.com.br/2009/07edge-loop-indicacao-de-um-amigo.html> Acesso em:  
13/06/2013

RAITT, Bay. Modeling. Em: <<http://cube.phlatt.net/home/spiraloid/tutorial/modeling.html>>.  
Acesso em: 13/06/2013

REINICKE, José Fernando. Retopologia de Personagens no Blender 2.5  
Em:<http://fernandoreinicke.wordpress.com/2011/01/15/blender-2-5-retopologia-parte-i/>  
Acesso em: 13/06/2013

RICHARDSON, Peter J. "Modeling with edge loops, 2008.  
Em:<http://zoomy.net/2008/04/02/modeling-with-edge-loops/>  
Acesso em: 13/06/2013

TABAJARA, Raúl. Concepto y práctica Em: <http://www.foro3d.com/f122/edge-loop-concepto-practica-33375.html>  
Acesso em: 13/06/2013

TOONTJE. "Poles and loops" in "Blender Artists.org - A Blender Community", 2007.  
<<http://blenderartists.org/forum/showthread.php?93651-Poles-and-Loops>>  
Acesso em: 13/06/2013