

Computação Gráfica



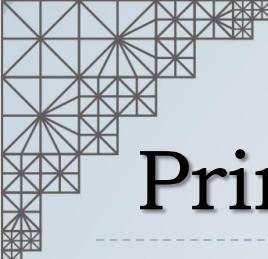
Geometria Computacional Representação e Modelagem

Professor: Ícaro Lins Leitão da Cunha
illdacunha@gmail.com

A Pipe-line Gráfica

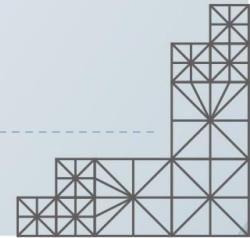
► O pipe-line





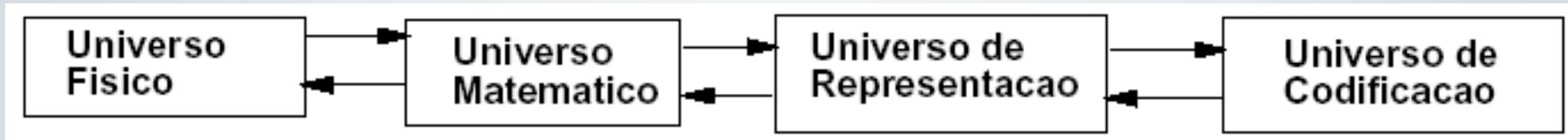
Princípios Básicos

- ▶ Modelagem pode ser feita de diversas maneiras, gerando resultados semelhantes de formas mais simples ou mais complexas.
- ▶ A modelagem irá refletir diretamente na velocidade com que os objetos são apresentados numa cena.
- ▶ Reflete também na forma com que lidamos com as cenas para processamentos diversos.



Paradigmas de Abstração

▶ A necessidade de paradigmas



▶ Paradigma dos universos.

- ▶ Físico (F)
- ▶ Matemático (M)
- ▶ Representação (R)
- ▶ Implementação (I)

Problemas da Área

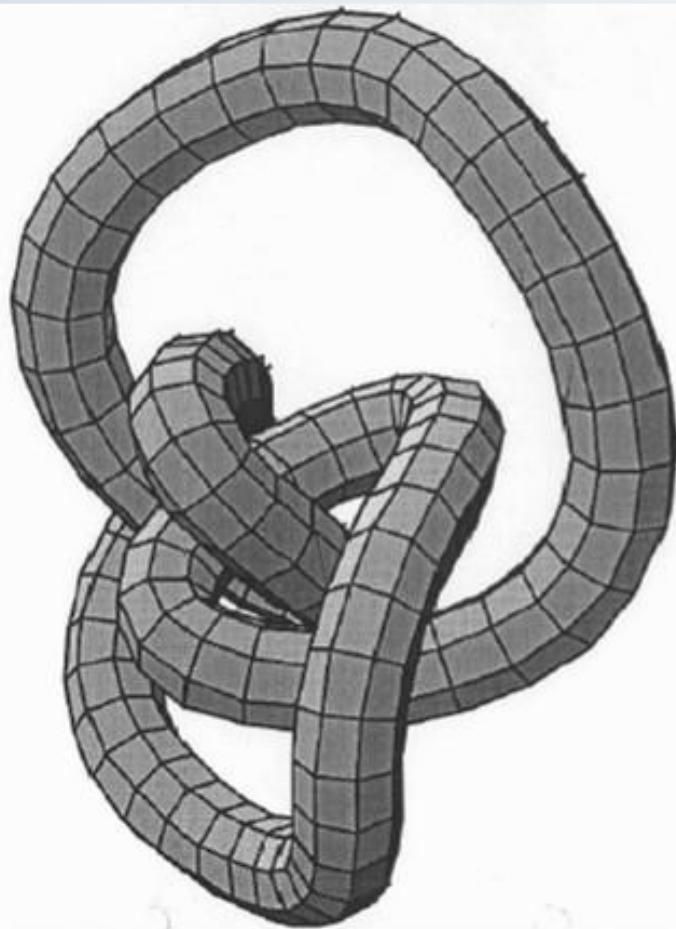
- ▶ Estudar fenômenos em F .
- ▶ Definir os modelos.
- ▶ Estudar as relações entre R e M .
- ▶ Definir representações de modelos em M .
- ▶ Estudar conversões entre representações.
- ▶ Definir métodos de implementação.
- ▶ Comparar estratégias em I .

Esquemas de Representação

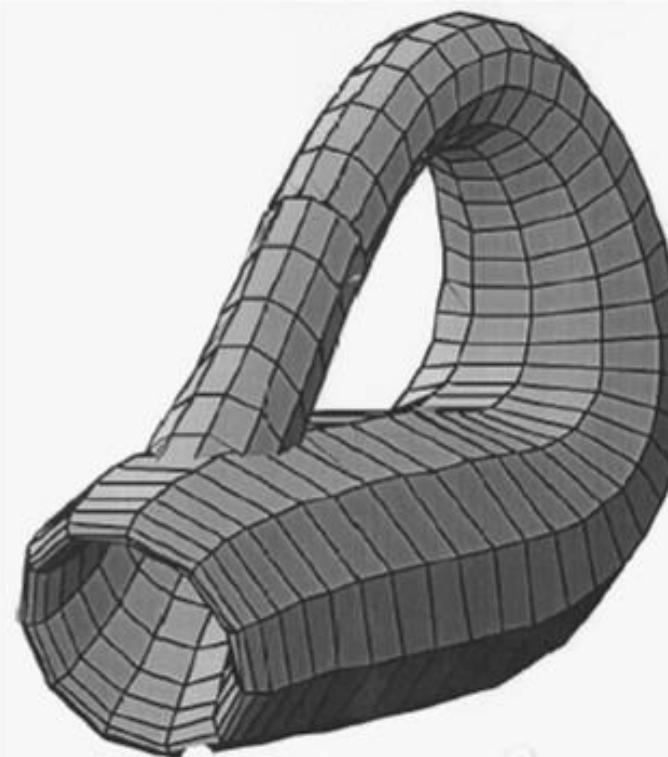
- ▶ Objetos do universo físico: “sólidos”
 - ▶ O que é um sólido?
- ▶ Objetos do universo matemático vêm da:
 - ▶ Geometria diferencial
 - ▶ Topologia diferencial



Geometria pode ser Complicada



Nó



Garrafa de Klein
(não orientável)

Descrição de Sólidos

- ▶ Assuma que um sólido é um conjunto tridimensional de pontos.
- ▶ Conjuntos de pontos podem ser descritos
 - ▶ Por suas fronteiras
 - ▶ Por campos escalares
 - ▶ Definidos por equações
 - ▶ Amostrados
- ▶ Originam três tipos de representação:
 - ▶ Por bordo (B-rep – Boundary Representation)
 - ▶ Operações de conjuntos (CSG –Constructive Solid Geometry)
 - ▶ Por enumeração do espaço em células (BSP-trees, Octrees,etc)

Tipos de Modelagem

- ▶ Basicamente existem 3 tipos de modelagem:
 - ▶ Modelagem através de primitivas geométricas
 - ▶ Caixas, Esferas, Cilindros, Planos ...
 - ▶ *Constructive Solid Geometry* (csg)
 - ▶ Modelagem através de malhas de polígonos
 - ▶ Malhas de polígonos (tri, quads, etc), poliedros (tetra, hexa, etc)
 - ▶ Splines (Bezier, Nurbs)
 - ▶ Modelagem através de funções matemáticas
 - ▶ Sweeps
 - ▶ Curvas
 - ▶ Planos
 - ▶ Segmentos de Reta
 - ▶ Fractais

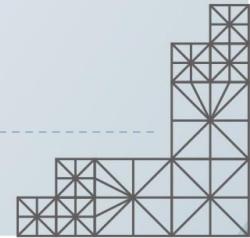
Áreas de Interesse

- ▶ Modelagem geométrica é necessária em muitas áreas de interesse tais como:
 - ▶ Modelagem de objetos/superfícies em cenas
 - ▶ Animação de cenas
 - ▶ Aplicação de física em cenas
 - ▶ Iluminação
 - ▶ Cálculos de colisão e intersecção de raios
 - ▶ Armazenamento de Cenas
 - ▶ Simulações diversas (numéricas)



Modelagem Através de Primitivas Geométricas

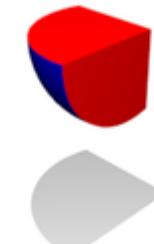
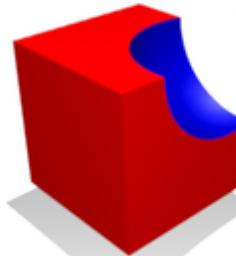
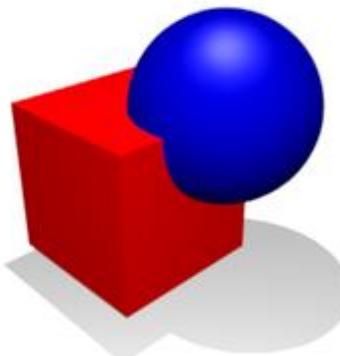
- ▶ Primitivas sólidas
 - ▶ Comumente oferecidas por API's gráficas
 - ▶ Primitivas para sólidos simples geralmente
 - ▶ Paralelepípedo, Esfera, Cones e Cilindros
 - ▶ Pode-se Modelar formas simples usando transformações em Primitivas geométricas
 - ▶ São Mais simples de entender porém geram sólidos menos otimizados.
 - ▶ Comumente utilizados para representações simples



Modelagem Através de Primitivas Geométricas

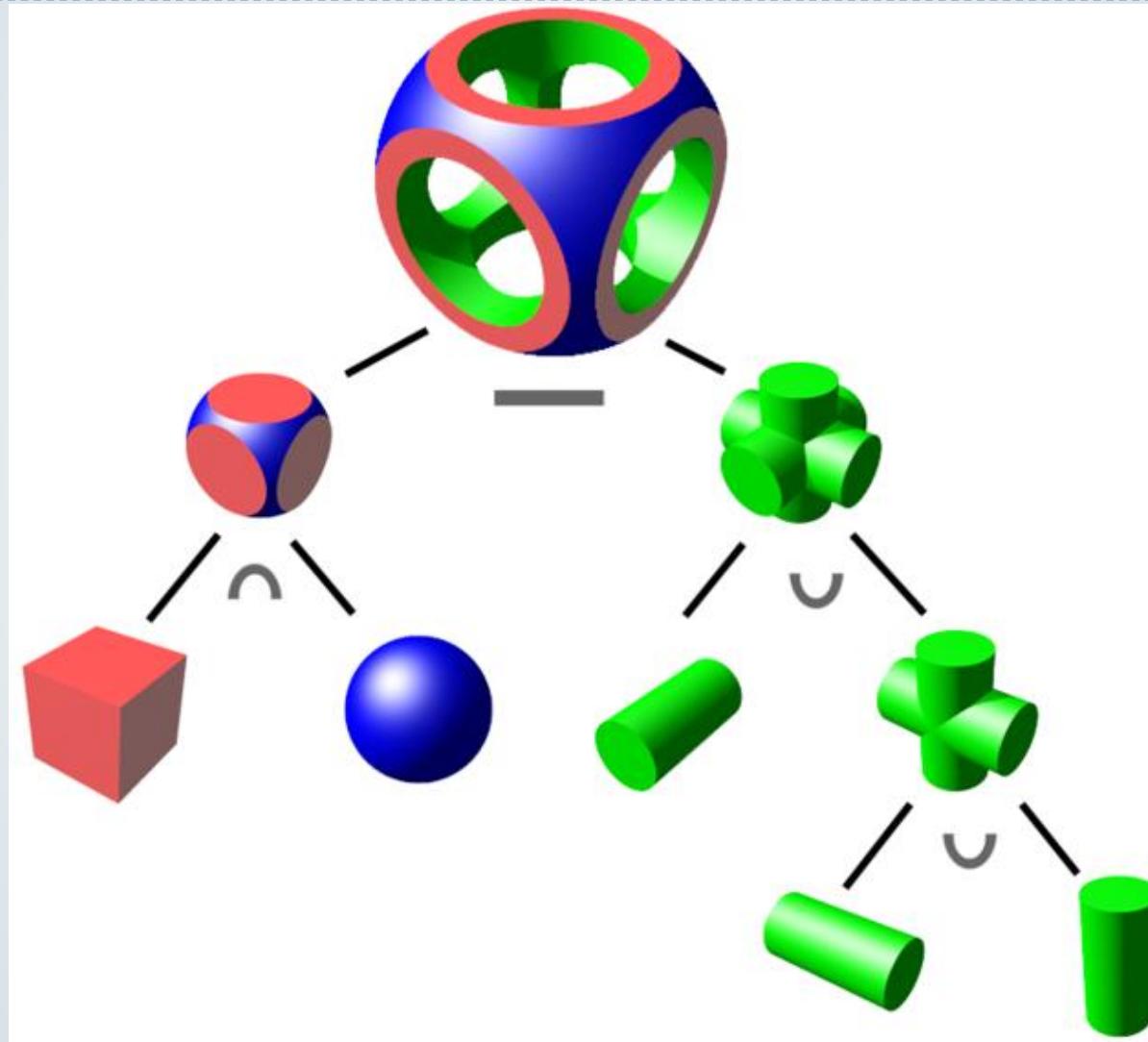
▶ Constructive Solid Geometry

- ▶ São operações entre Primitivas gráficas, visando obter sólidos mais complexos.
- ▶ Operações são simples, mas os resultados são bons, embora como no caso da modelagem através de primitivas, gere um sólido pouco otimizado.



União, Subtração e Interseção respectivamente.

Modelagem Através de Primitivas Geométricas



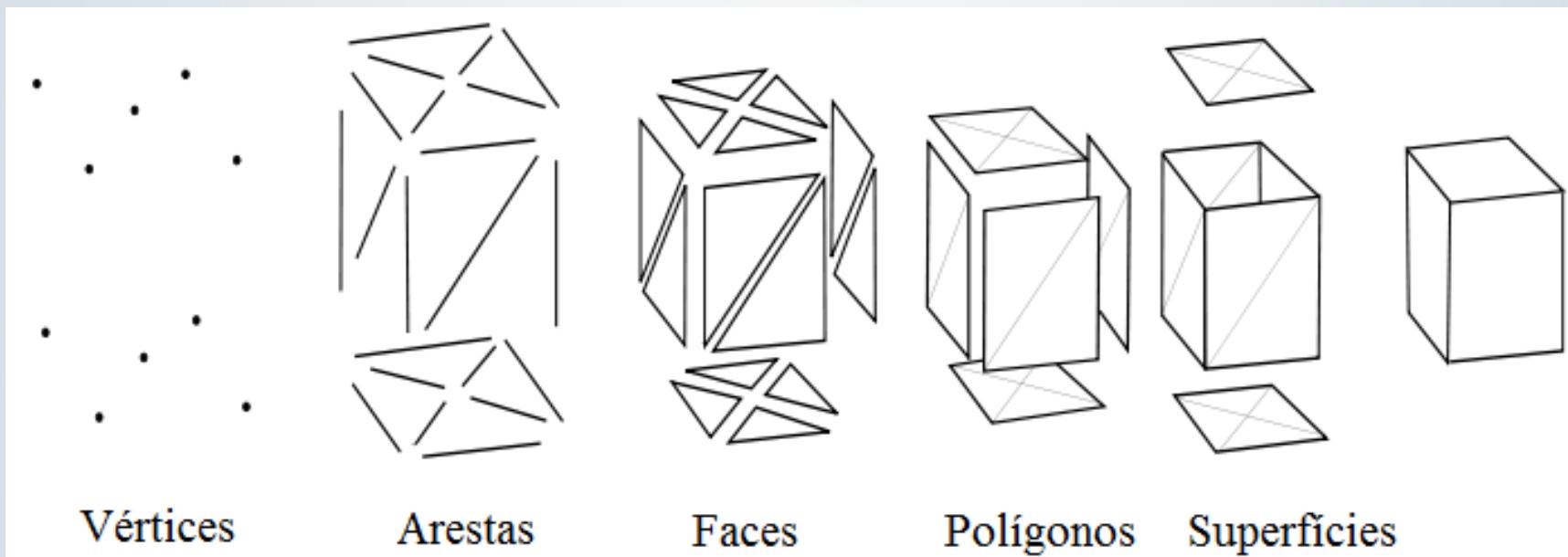
Modelagem Através de Malhas

- ▶ Representação mais comumente utilizada em CG.
- ▶ Basicamente é a representação de objetos através de discretização de sua superfície por polígonos quaisquer previamente conhecidos.
- ▶ Malhas poligonais podem representar qualquer superfície com vários níveis de detalhe a gosto do modelador.
- ▶ Representações podem sofrer otimizações caso seja desejado.

Modelagem Através de Malhas

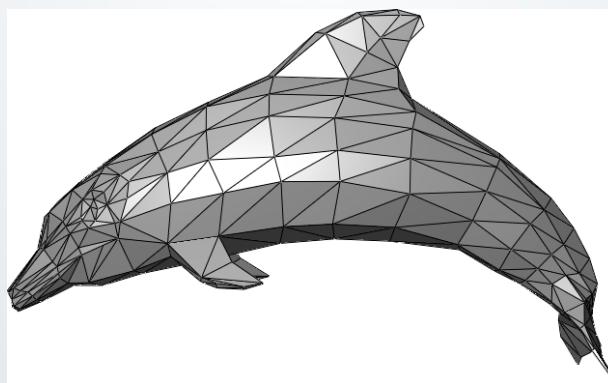
- ▶ Existem várias formas de representar superfícies através de malhas, sempre existem os mesmos elementos a serem tratados:
 - ▶ Pontos/Vértices
 - ▶ Areias: Ligações entre dois vértices
 - ▶ Faces : Superfícies primitivas atômicas (Quadrados, Triângulos, Hexágonos ...)
 - ▶ Polígonos: Conjunto de Faces que formam um polígono plano
 - ▶ Superfícies: Conjunto de Polígonos interconectados
 - ▶ Sólido: Conjunto de todos os componentes formando o modelo
- ▶ Dependendo do tipo de malha esse componentes podem mudar um pouco mas sempre estarão presentes.

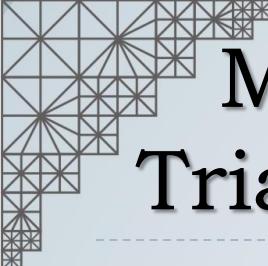
Modelagem Através de Malhas Triangulares



Modelagem Através de Malhas Triangulares

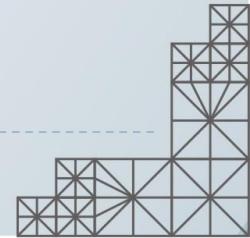
- ▶ Malhas triangulares são amplamente utilizadas em CG e muitos outros campos.
- ▶ Triângulos são polígonos relativamente simples que permitem que várias operações sejam feitas com certa facilidade e com poucos dados.





Modelagem Através de Malhas Triangulares

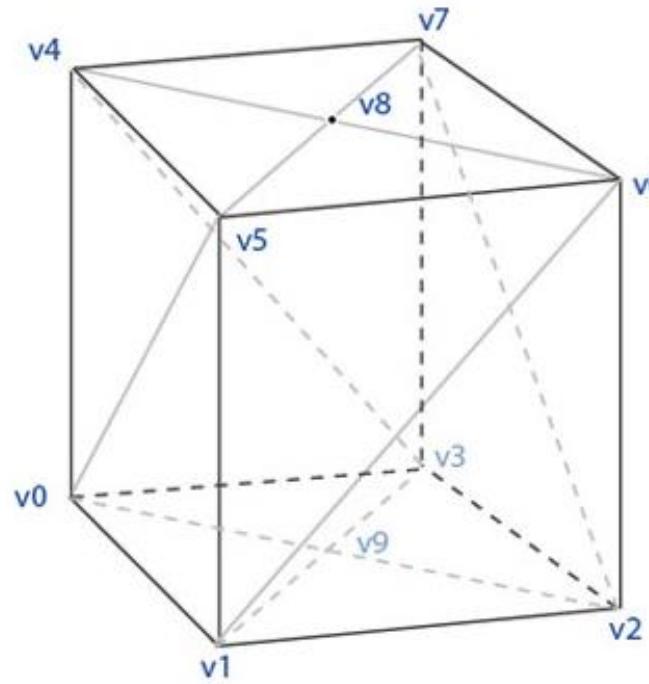
- ▶ Existem várias formas de armazenar malhas triangulares, dando origem a diversos tipos de arquivos denominados Formatos Geométricos.
- ▶ Uma forma simples de representação é chamada Vértice-Vértice:
 - ▶ Utiliza uma tabela com todos os vértices, cada entrada na tabela possui a posição do vértice e seus vértices adjacentes



Modelagem Através de Malhas Triangulares

Lista de Vértices

v0	0,0,0	v1 v5 v4 v3 v9
v1	1,0,0	v2 v6 v5 v0 v9
v2	1,1,0	v3 v7 v6 v1 v9
v3	0,1,0	v2 v6 v7 v4 v9
v4	0,0,1	v5 v0 v3 v7 v8
v5	1,0,1	v6 v1 v0 v4 v8
v6	1,1,1	v7 v2 v1 v5 v8
v7	0,1,1	v4 v3 v2 v6 v8
v8	.5,.5,0	v5 v6 v7 v8
v9	.5,.5,1	v0 v1 v2 v3

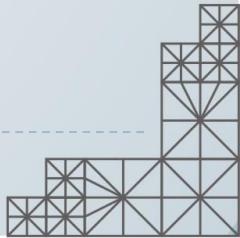


Representação Vértice-Vértice



Modelagem Através de Malhas Triangulares

- ▶ Uma outra forma simples de representação é chamada Face-Vértice:
 - ▶ Utiliza duas tabelas uma com as faces e outra com os vértices.
 - ▶ Tabela com as faces contém uma entrada para o índice da face com uma lista dos vértices dessa face.
 - ▶ Tabela com os vértices contém uma entrada para o índice do vértice e duas informações com a posição do vértice e uma lista com as faces a qual o vértice faz parte.



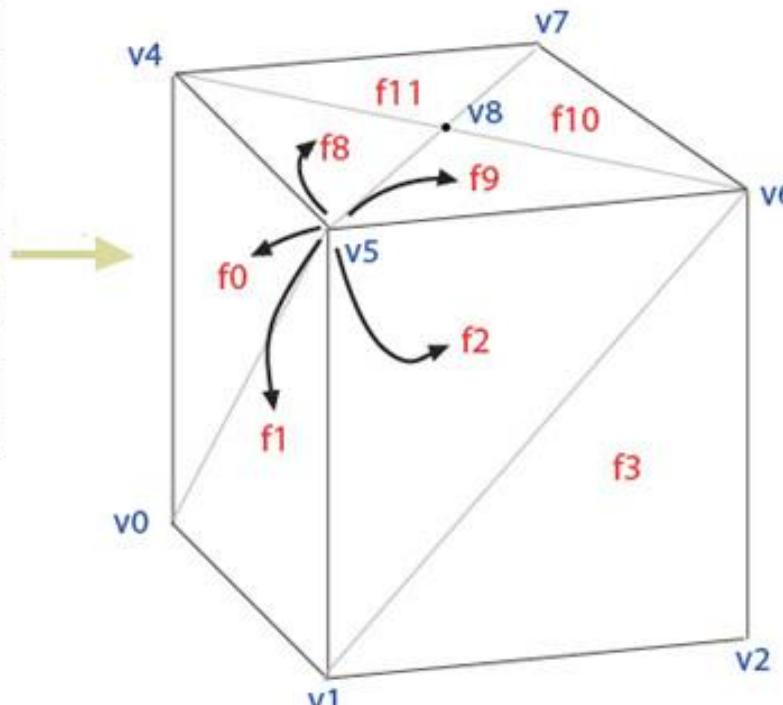
Modelagem Através de Malhas Triangulares

Lista de Faces

f0	v0 v4 v5
f1	v0 v5 v1
f2	v1 v5 v6
f3	v1 v6 v2
f4	v2 v6 v7
f5	v2 v7 v3
f6	v3 v7 v4
f7	v3 v4 v0
f8	v8 v5 v4
f9	v8 v6 v5
f10	v8 v7 v6
f11	v8 v4 v7
f12	v9 v5 v4
f13	v9 v6 v5
f14	v9 v7 v6
f15	v9 v4 v7

Lista de Vértices

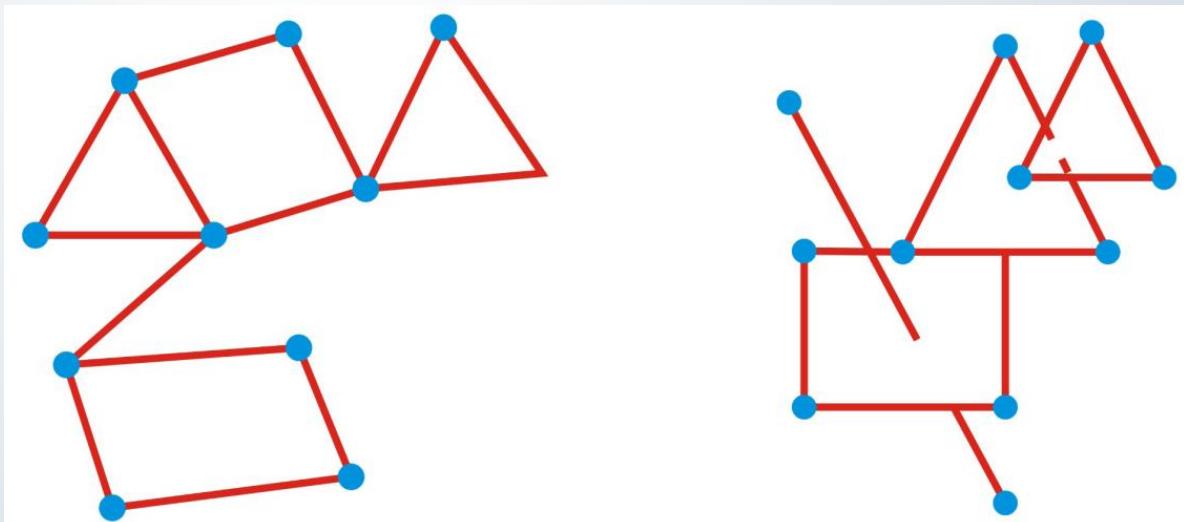
v0	0,0,0	f0 f1 f12 f15 f7
v1	1,0,0	f2 f3 f13 f12 f1
v2	1,1,0	f4 f5 f14 f13 f3
v3	0,1,0	f6 f7 f15 f14 f5
v4	0,0,1	f6 f7 f0 f8 f11
v5	1,0,1	f0 f1 f2 f9 f8
v6	1,1,1	f2 f3 f4 f10 f9
v7	0,1,1	f4 f5 f6 f11 f10
v8	.5,.5,0	f8 f9 f10 f11
v9	.5,.5,1	f12 f13 f14 f15



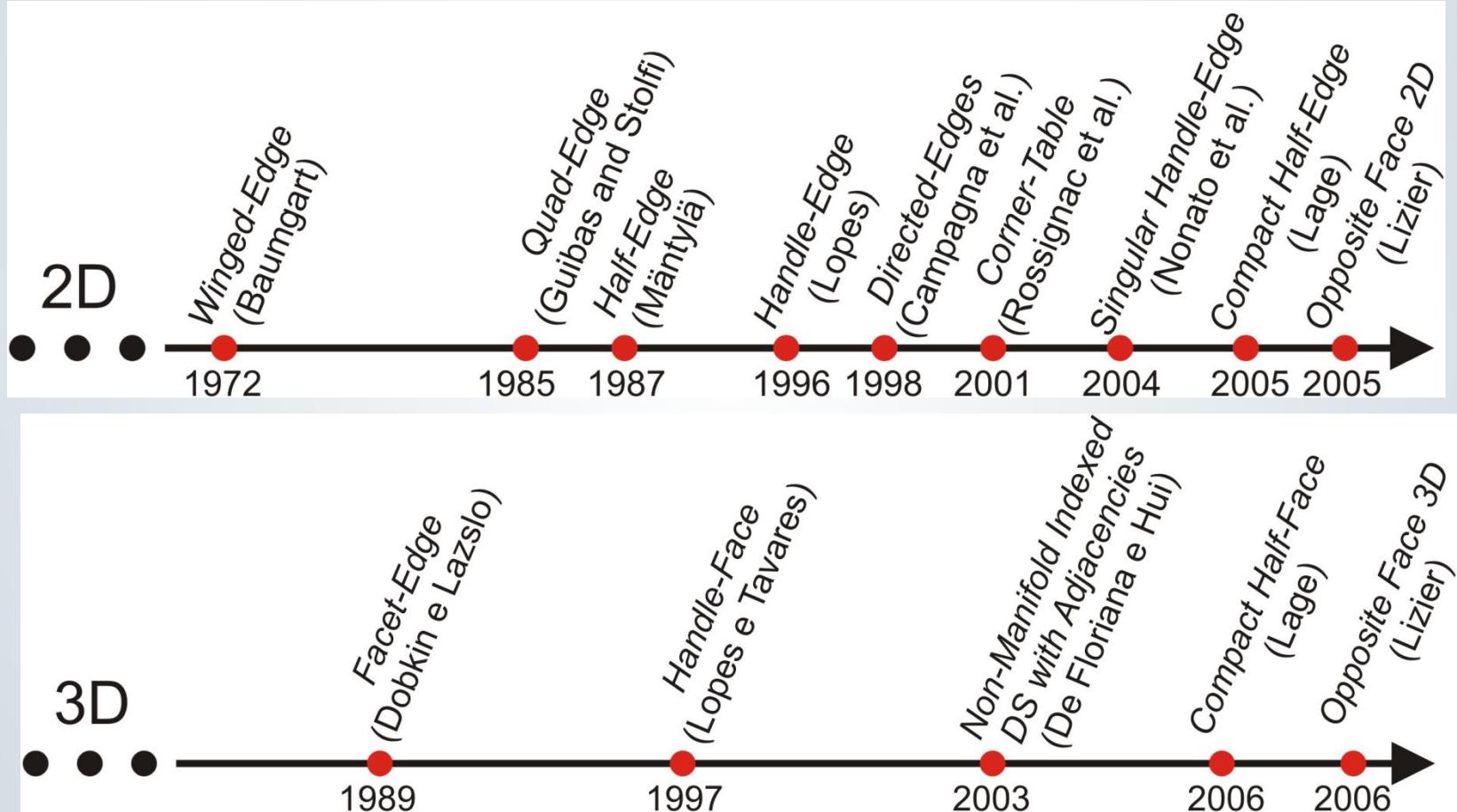
Representação Face-Vértice

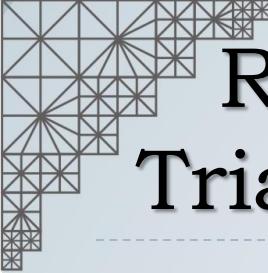
Modelagem Através de Malhas Triangulares

- ▶ Outros tipos de Estruturas para representar malhas triangulares são do tipo topológicas.
- ▶ Para o bom funcionamento da estrutura são necessários alguns pré-requisitos:
 - ▶ Malhas bem definidas (sem presença de *hanging-nodes*)
 - ▶ Orientabilidade
 - ▶ 1 instância de cada elemento



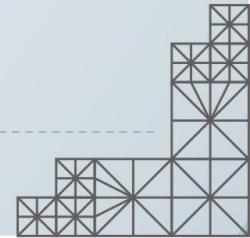
Representação Através de Malhas Triangulares



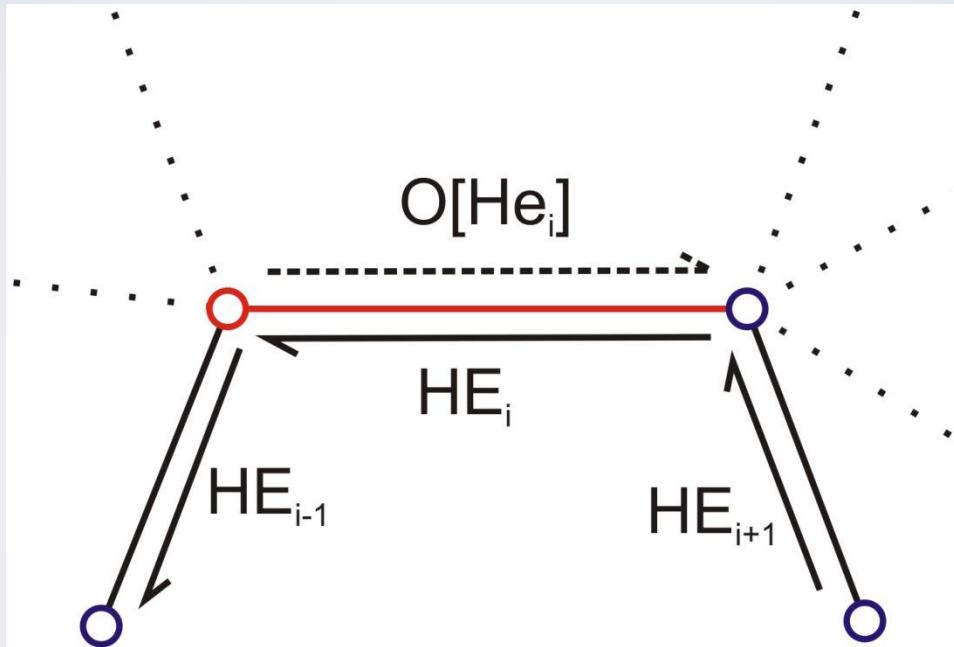


Representação Através de Malhas Triangulares – *Half-Edge*

- ▶ Mais outra estrutura utilizada é a **Half-edge**:
 - ▶ Utiliza 3 tabelas, uma para as faces, uma de vértices e uma de arestas.
 - ▶ **Tabela de faces**: contém uma única meia-aresta que compõem a face.
 - ▶ **Tabela de Vértices**: contém uma das meia-arestas que contém o vértice na origem.
 - ▶ **Tabela de Meia-Arestas**: contém o vértice da origem de cada aresta, a meia-aresta oposta (par), face que é composta pela meia-aresta, próxima aresta na face seguindo o sentido anti-horário.



Representação Através de Malhas Triangulares – *Half-Edge*



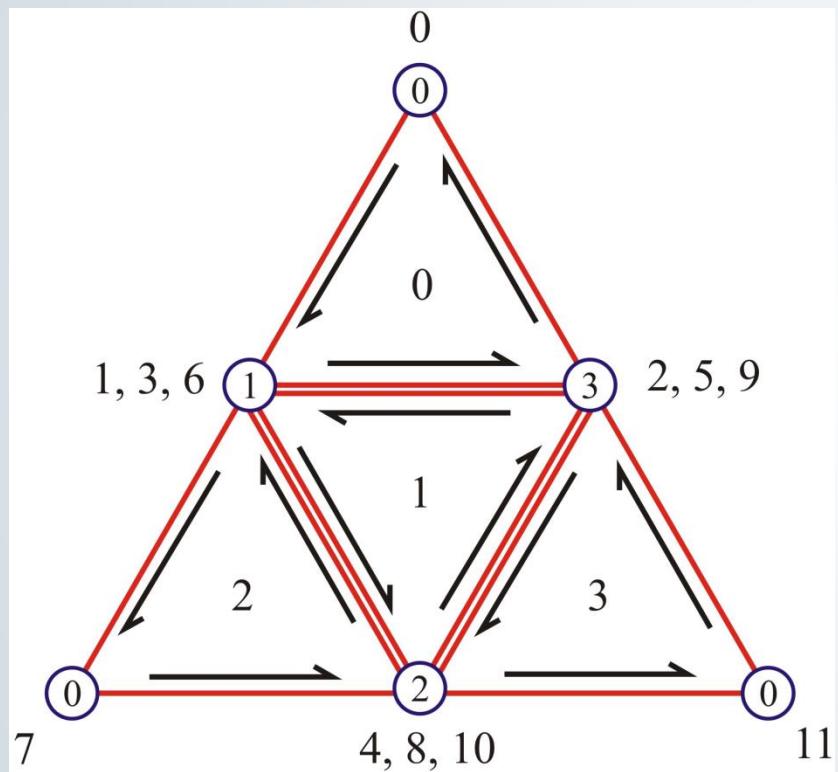
HE	Vértice	Par	Face	Próximo
HE_i	v_i	$O[HE_i]$	f_i	He_{i-1}

Representação Através de Malhas Triangulares – *Corner-Table*

- ▶ Uma **Corner-Table** é uma ED concisa para representar malhas triangulares. Nela é usado o conceito de corners para representar a associação de um triângulo a um de seus vértices ou, equivalentemente, associar um triângulo ao bordo oposto de uma corner.
- ▶ Assumindo a orientação anti-horária de representação dos triângulos, para cada corner c , o $prox(c)$ e o $ante(c)$ são corners de seu triângulo obtidos através do uso das seguintes equações:

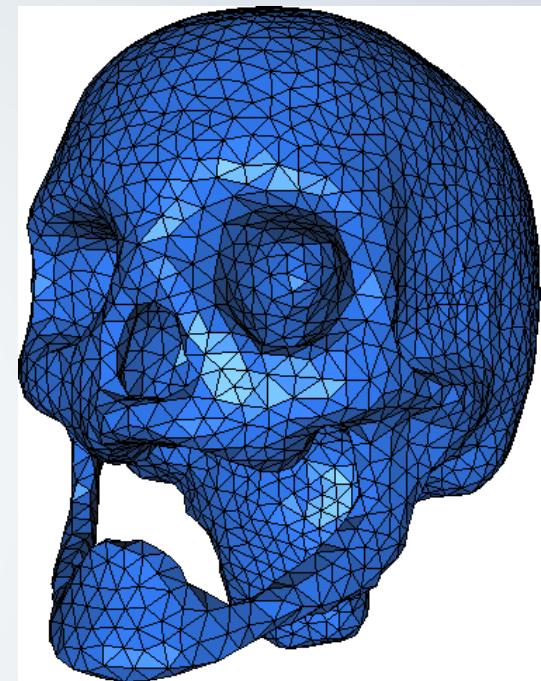
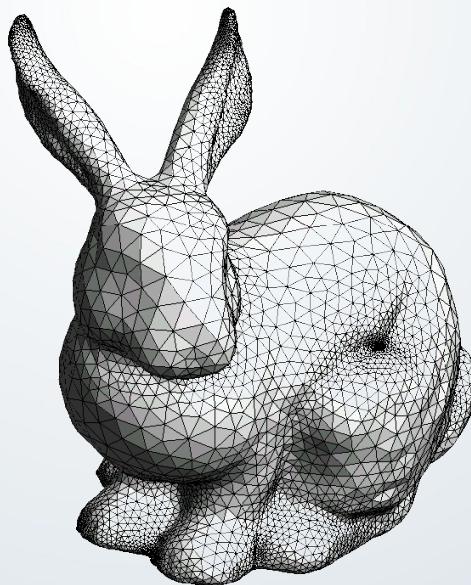
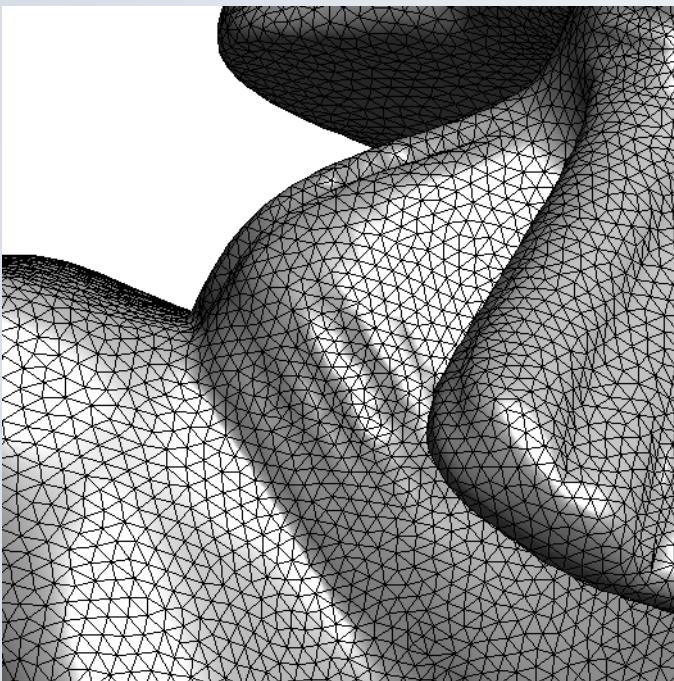
$$prox(c) = (c + 1)\%3 \quad \text{e} \quad ante(c) = (c + 2)\%3.$$

Representação Através de Malhas Triangulares – Corner-Table

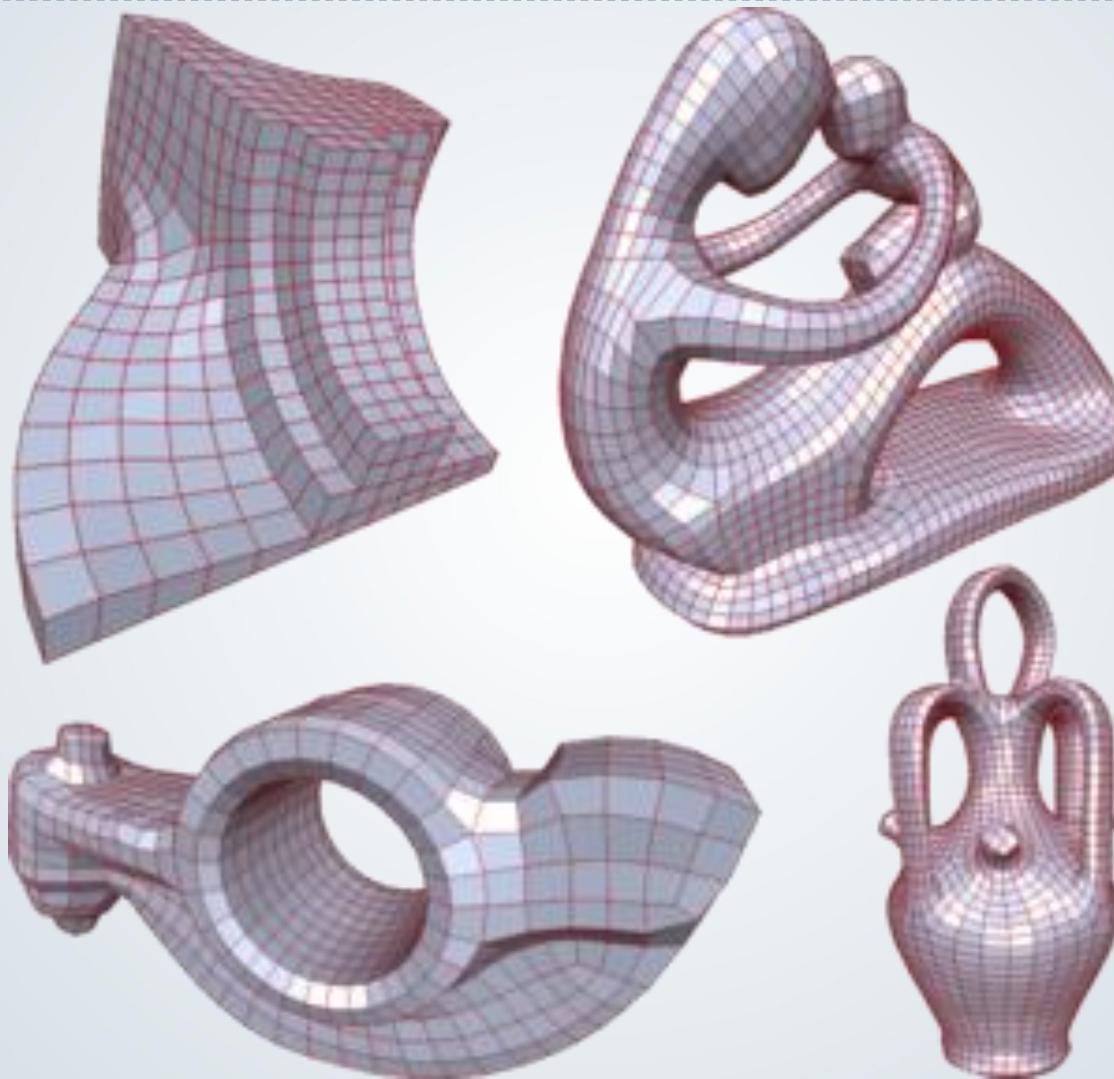


Canto	Vértice	Triângulo	Oposto
0	0	0	1
1	1	0	3
2	3	0	2
3	1	1	3
4	2	1	0
5	3	1	2
6	1	2	3
7	0	2	1
8	2	2	0
9	3	3	2
10	2	3	0
11	0	3	1

Modelagem Através de Malhas Triangulares



Modelagem Através de Malhas Quadriláteras

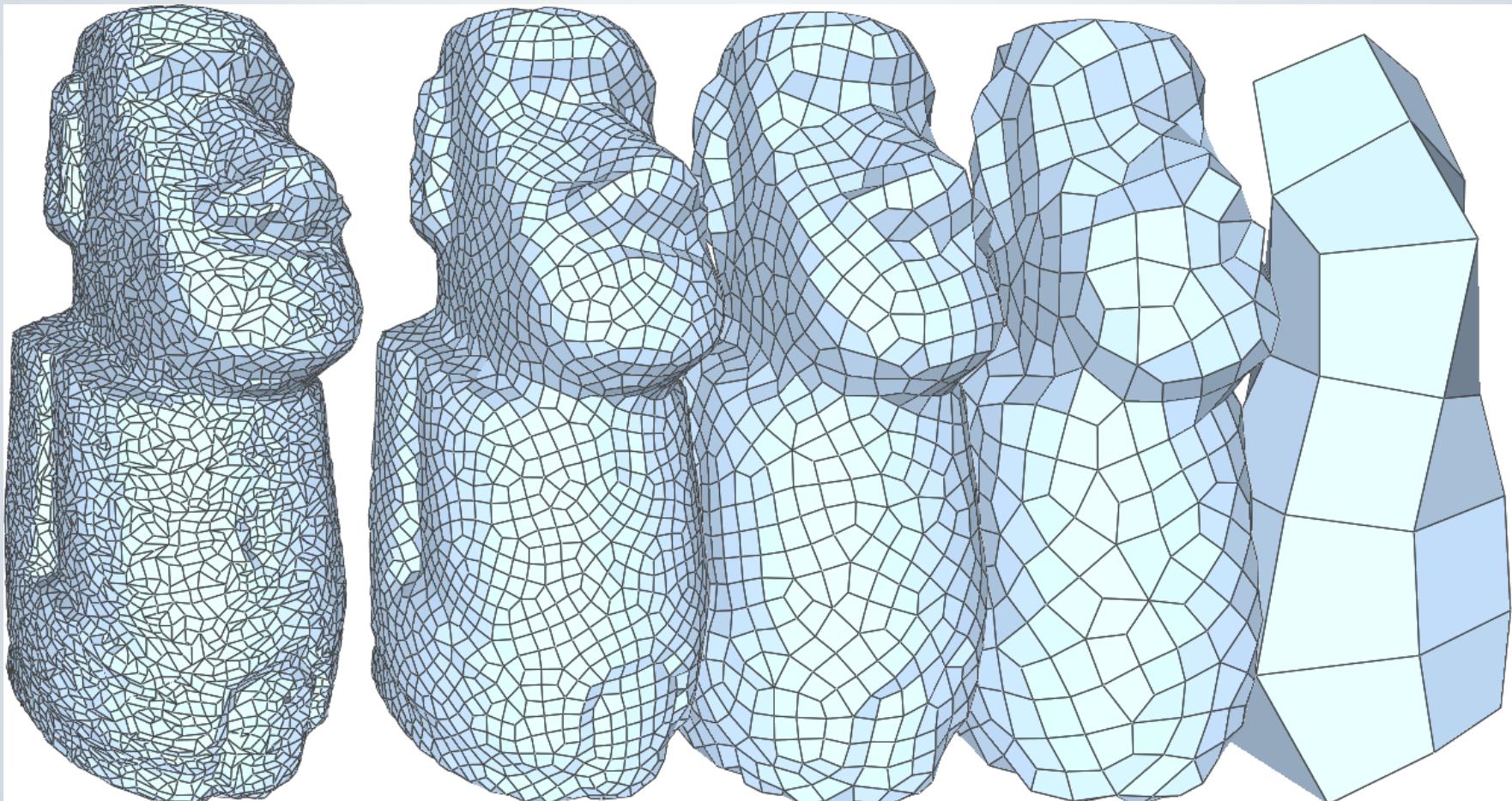


Representação Através de Malhas

- ▶ Malhas triangulares além de serem extremamente genéricas, permitem vários outros tipos de manipulação:
 - ▶ Armazenamento de dados geométricos
 - ▶ 3DS, OFF, Obj, PLY, STL, VTK e VRML
 - ▶ Operações estilo CSG
 - ▶ Operações de deformação de superfície
 - ▶ Estrude/Intrude
 - ▶ Colapse
 - ▶ Etc.

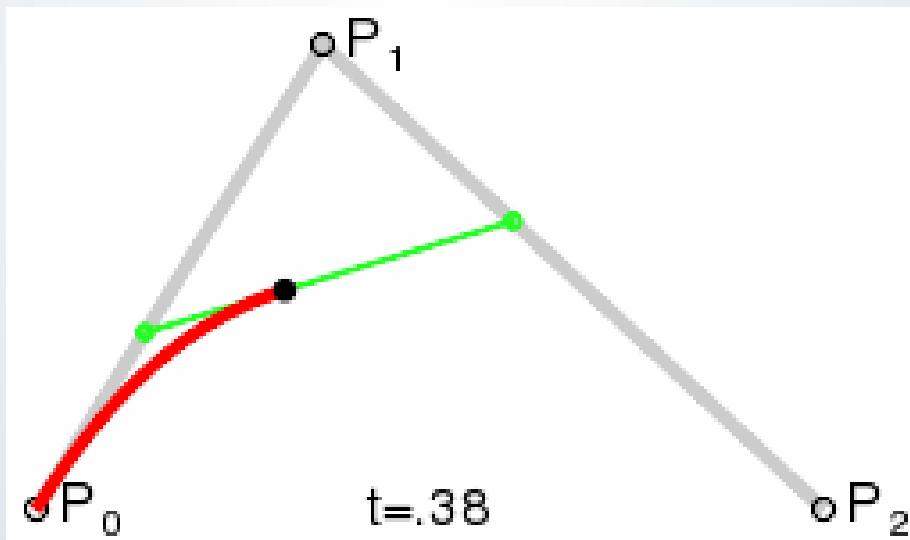
Representação Através de Malhas

▶ Simplificação de Malha

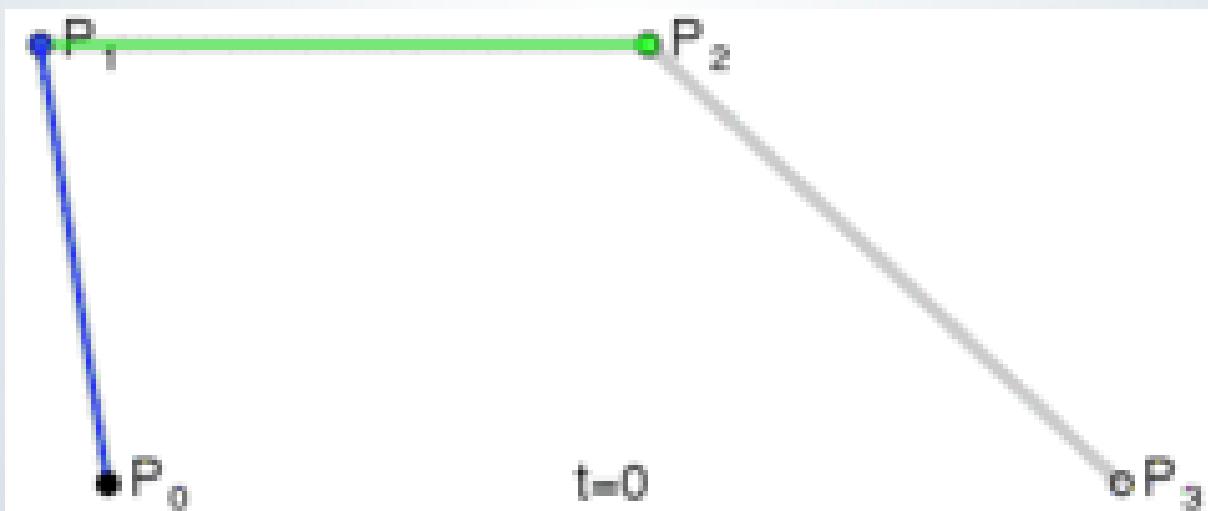
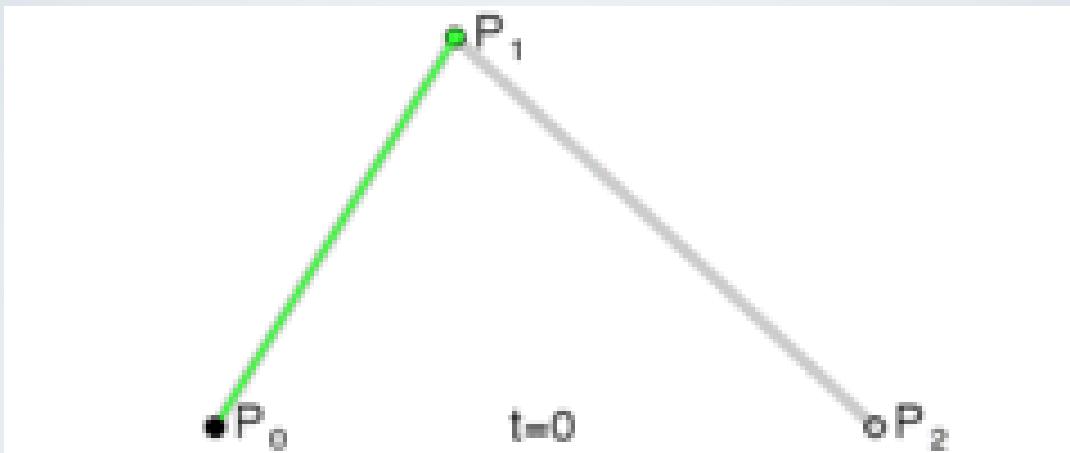


Modelagem Através de Funções Matemáticas

- ▶ Uma **spline** é uma curva definida matematicamente por dois ou mais *pontos de controle*.
 - ▶ Os pontos de controle que ficam na curva são chamados de *nós*.
 - ▶ Os demais pontos definem a tangente à curva em seus respectivos *nós*.

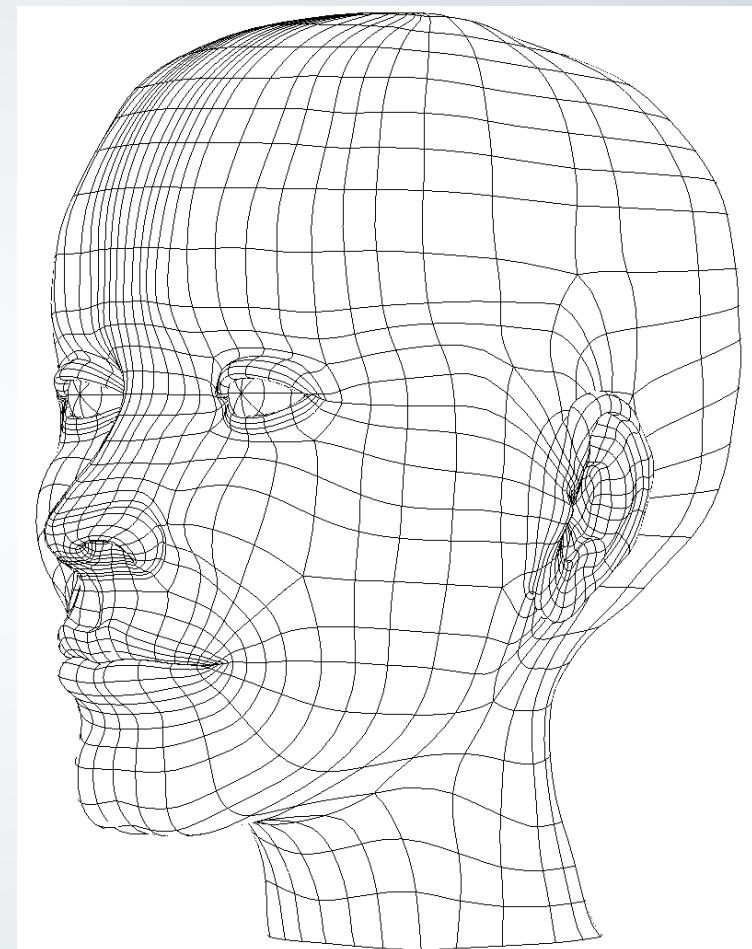
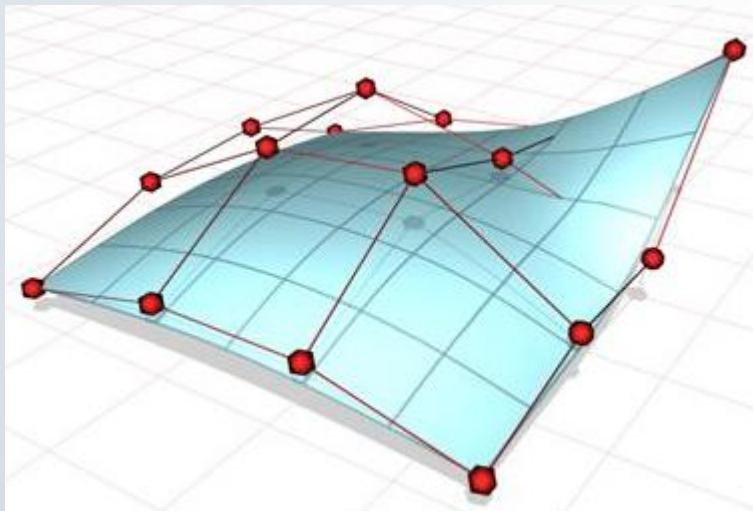


Representação Através de Malhas de Polígonos



Representação Através de Malhas de Polígonos

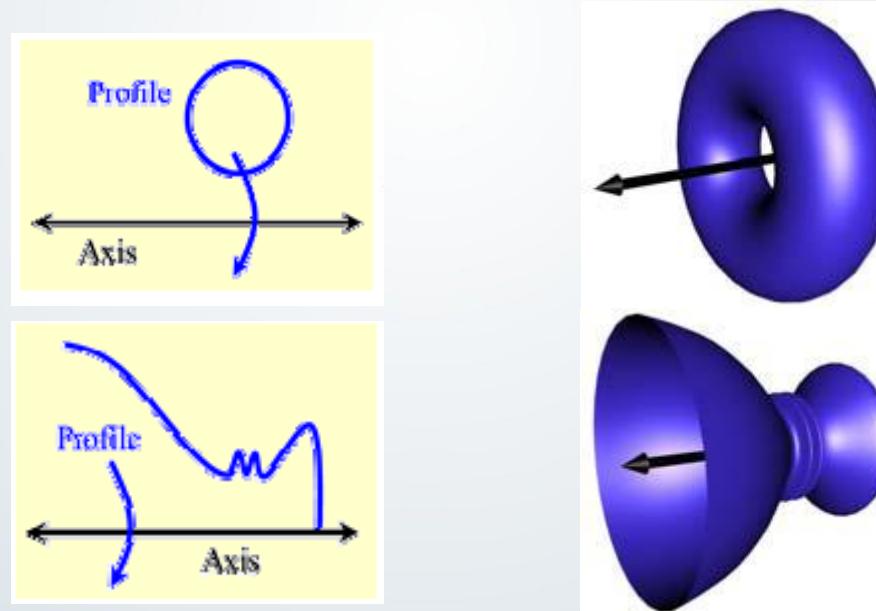
- ▶ **Non Uniform Rational Basis Spline (NURBS)**
 - ▶ É um modelo matemático usado regularmente em programas gráficos para gerar e representar curvas e superfícies.



Modelagem Através de Funções Matemáticas

▶ Sweeps

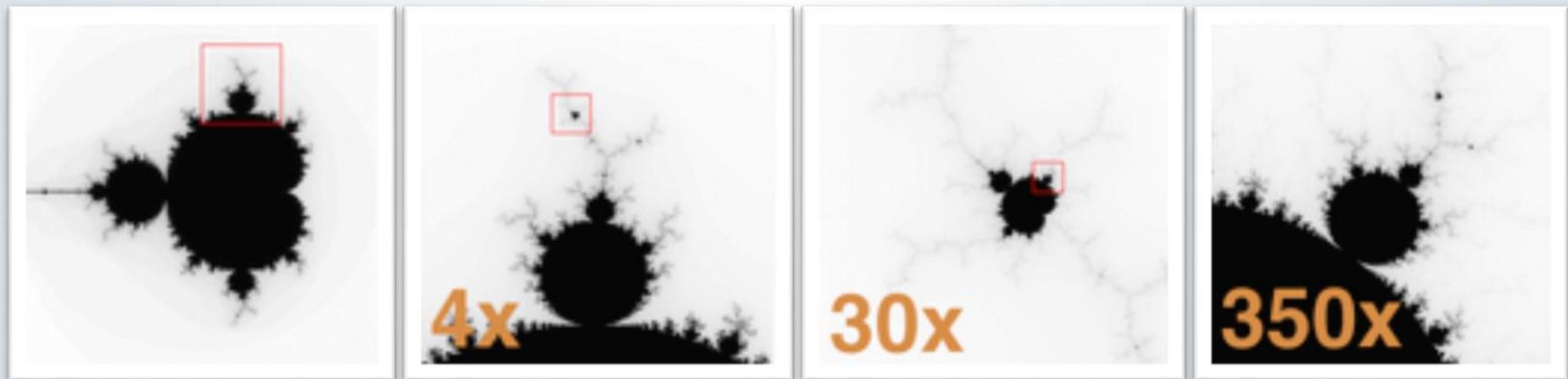
- ▶ Requerem uma primitiva anterior, a idéia da modelagem feita através de sweeps é fazer uma forma se mover no espaço segundo uma função, e calcular a nova forma a partir do movimento.



Modelagem Através de Funções Matemáticas

▶ Fractais

- ▶ Um fractal (anteriormente conhecido como *curva monstro*) é um objeto geométrico que pode ser dividido em partes, cada uma das quais semelhante ao objeto original. Diz-se que os fractais têm infinitos detalhes, são geralmente autossimilares e independem de escala.

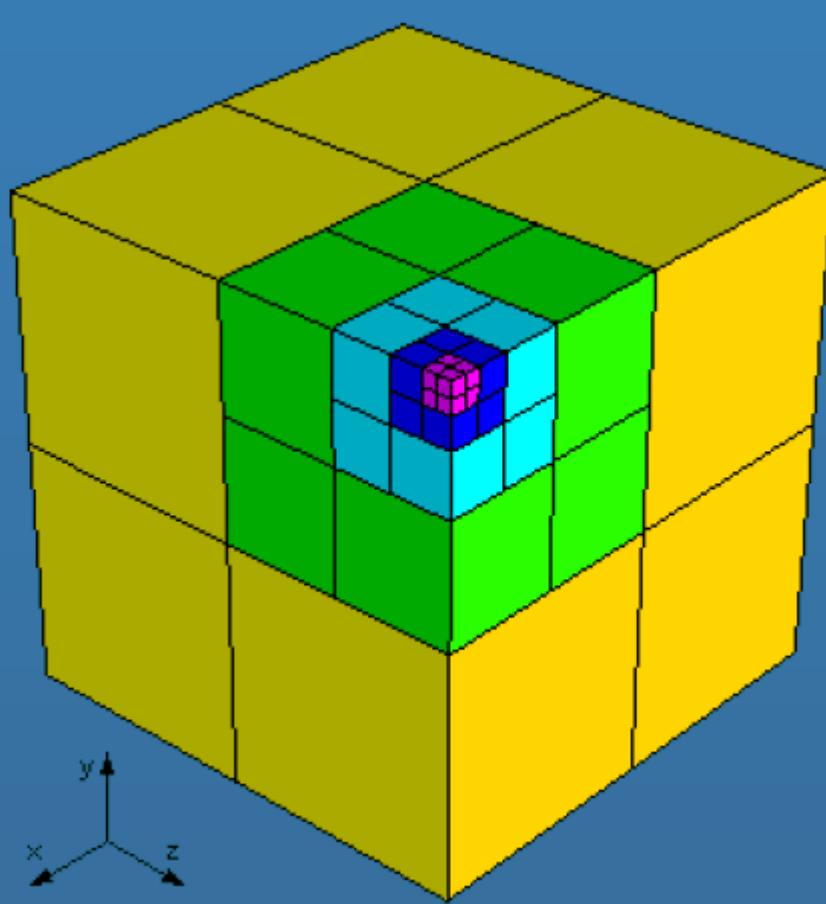
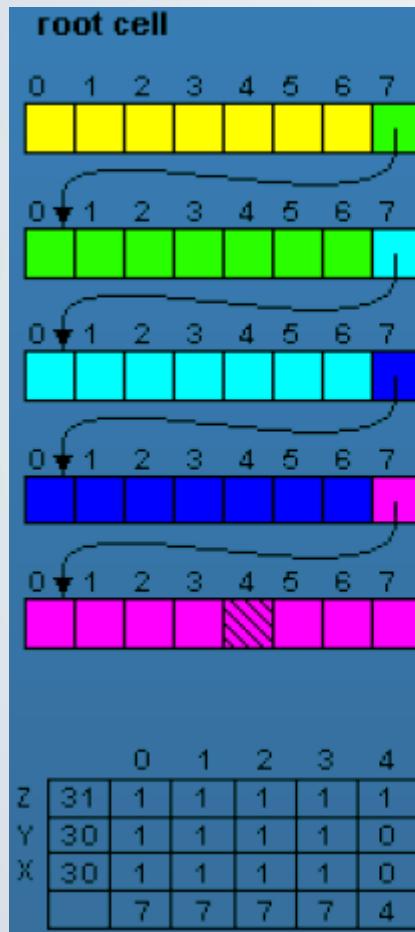


Representação por Células

- ▶ Dividem o espaço em sub-regiões convexas.
 - ▶ Grades: Cubos de tamanho igual
 - ▶ Octrees: Cubos cujos lados são potências de 2
 - ▶ BSP-trees: Poliedros convexos
 - ▶ *Binary Space Partition* – Partição Binária do Espaço
- ▶ Às células são atribuídas valores de um campo escalar $F(x, y, z)$.
 - ▶ Campo é assumido constante dentro de cada célula.
- ▶ Sólido é definido como o conjunto de pontos tais que $A < F(x, y, z) < B$ para valores A e B estipulados.

Representação por Células

▶ Octrees



Representação por Células

▶ Octrees

