

Computação Gráfica

Malhas e Texturas

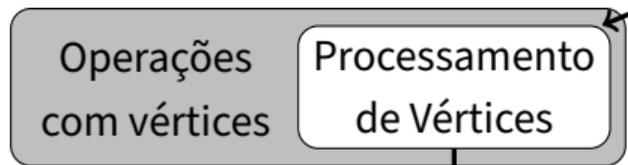
Prof. Alaor Cervati Neto



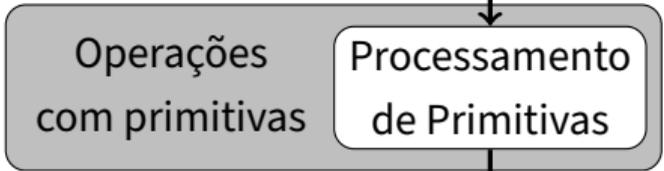
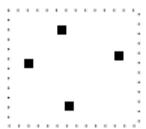
2023/1

1 2 3 4

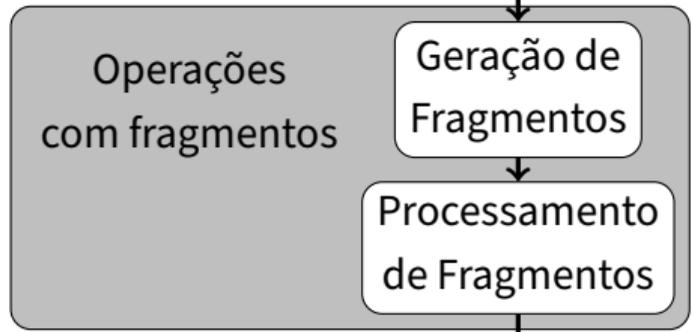
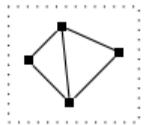
Entrada: vértices e instruções



Vértices posicionados em espaço de coordenadas normalizado



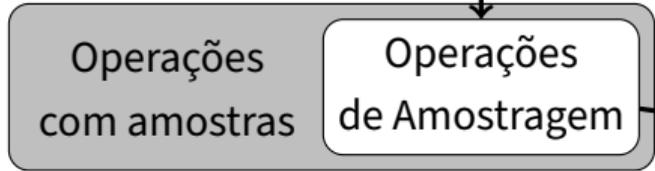
Primitivas processadas e posicionadas na tela



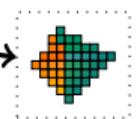
Fragmentos Processados



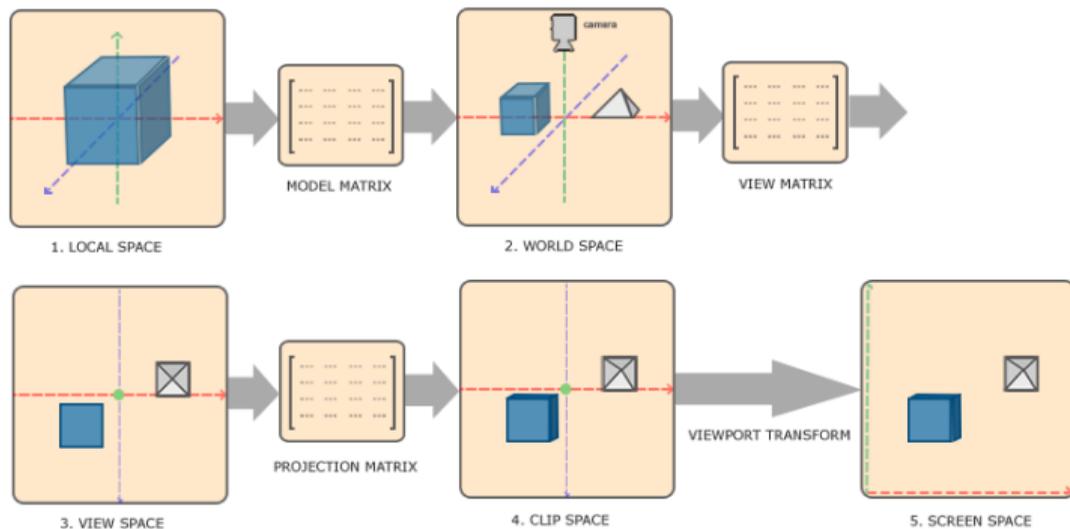
Aplicação de cores e texturas



Saída: Imagem (pixels)



Pipeline de Visualização



$$P' = \text{Projection} \times \text{View} \times \text{Model} \times P$$

Malhas e Texturas

Malha poligonal é uma coleção de faces:

- ▶ Cada face é um conjunto de vértices.
- ▶ Formam triângulos (ou quadriláteros), que facilitam a renderização de objetos complexos.



Texturas

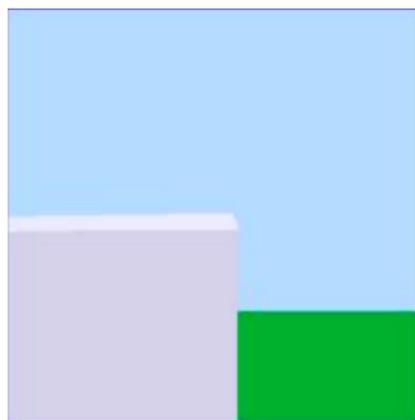
Texturas

- ▶ Em alguns cenários, apenas malhas e cores não são suficientes para oferecer um nível de detalhe mais realista.
- ▶ Não é razoável representar todos os detalhes apenas com geometria, vértices, e cores.
- ▶ Texturas ajudam nesse processo.
- ▶ Podemos mapear uma imagem na superfície de nosso objeto 3D.



Texturas

Exemplo¹:



Cenário com 8 polígonos

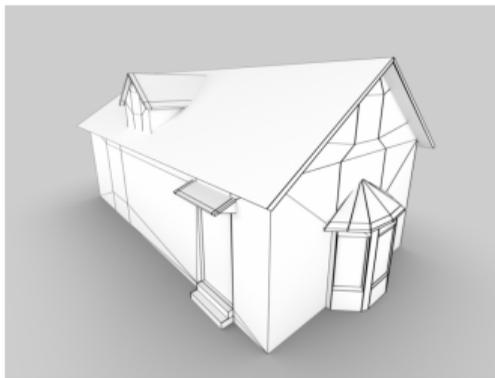


Aplicação de Texturas

¹http://www.siggraph.org/education/materials/HyperGraph/mapping/r_wolfe/r_wolfe_mapping_1.htm

Texturas

Exemplo²:



²<https://free3d.com/pt/3d-model/abandoned-cottage-house-825251.html>

Texturas

Texturização:

- ▶ Prover uma forma eficiente de lidar com as diferenças de reflectância difusa ponto-a-ponto em uma superfície.
- ▶ Mais eficiente do que tentar reproduzir o mesmo efeito apenas com geometria.

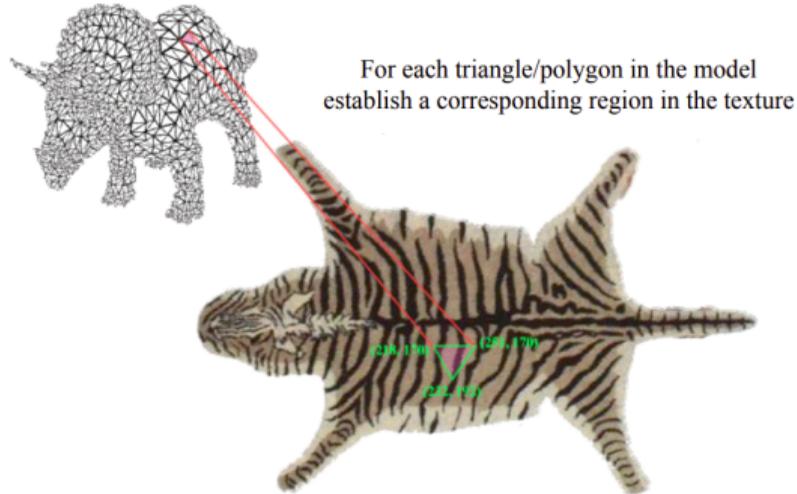


Mapeamento de Texturas

The background features a white central area with teal-colored geometric shapes. Two large teal triangles point towards each other from the left and right sides, meeting at a point at the bottom. A smaller, darker teal triangle is positioned at the very bottom center, overlapping the bottom tips of the two larger triangles.

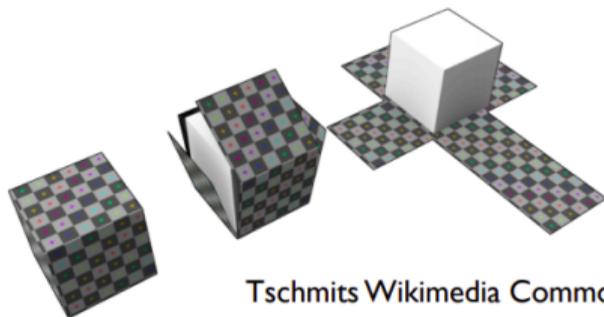
Mapeamento de Texturas

Imagem (texturas) mapeada na superfície (triângulos) do modelo 3D.



Mapeamento de Texturas

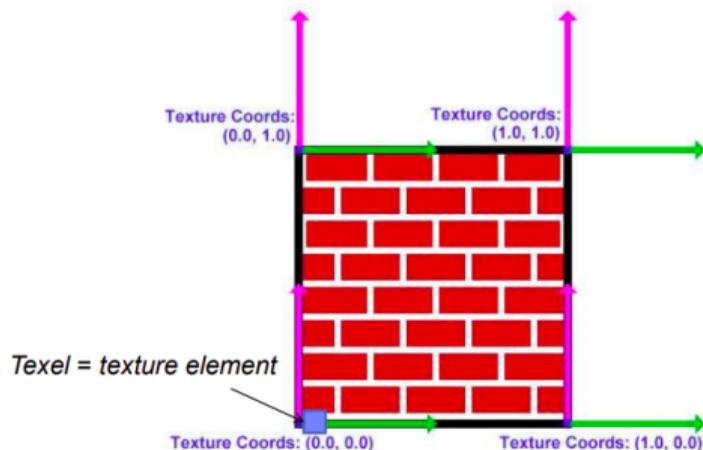
O arquivo/imagem de textura é gerado de forma apropriada para o modelo 3D.



Não estudaremos como gerar o arquivo de textura, mas conceitos do mapeamento entre texturas e modelos.

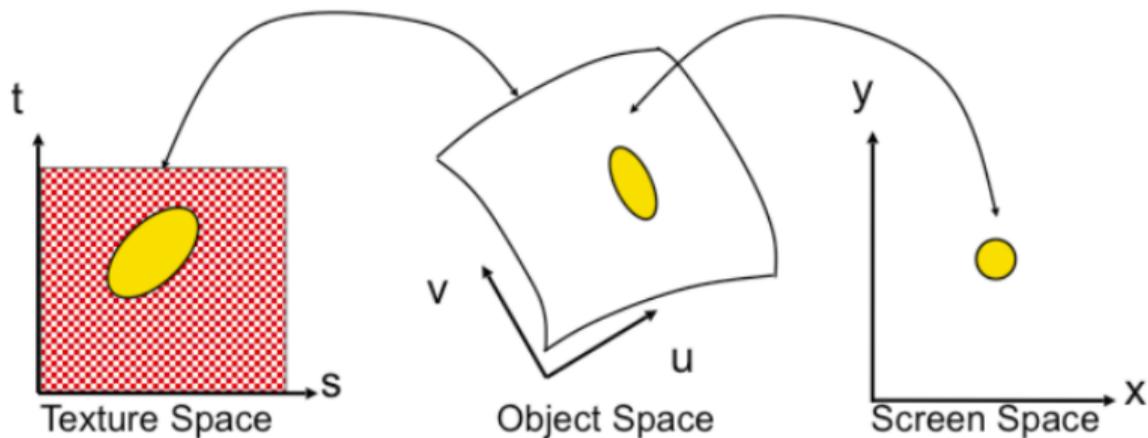
Conceitos Básicos

- ▶ A textura é um arranjo 2D de tamanho $s \times t$.
- ▶ Cada elemento deste arranjo é chamado de texel (*texture element*).
- ▶ As coordenadas de texturas são definidas no intervalo $[0, 1]$.



Conceitos Básicos

- ▶ Problema: nosso modelo é uma malha (triangular) 3D.
- ▶ As texturas são mapas/arranjos 2D.
- ▶ Como mapeá-los?

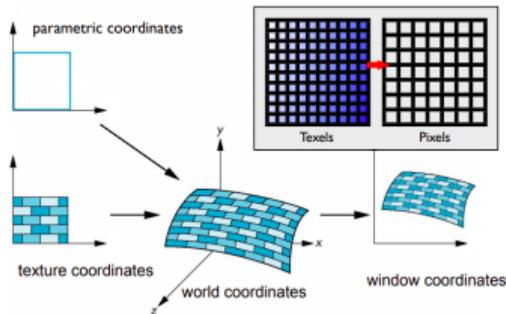


Primeiros Passos

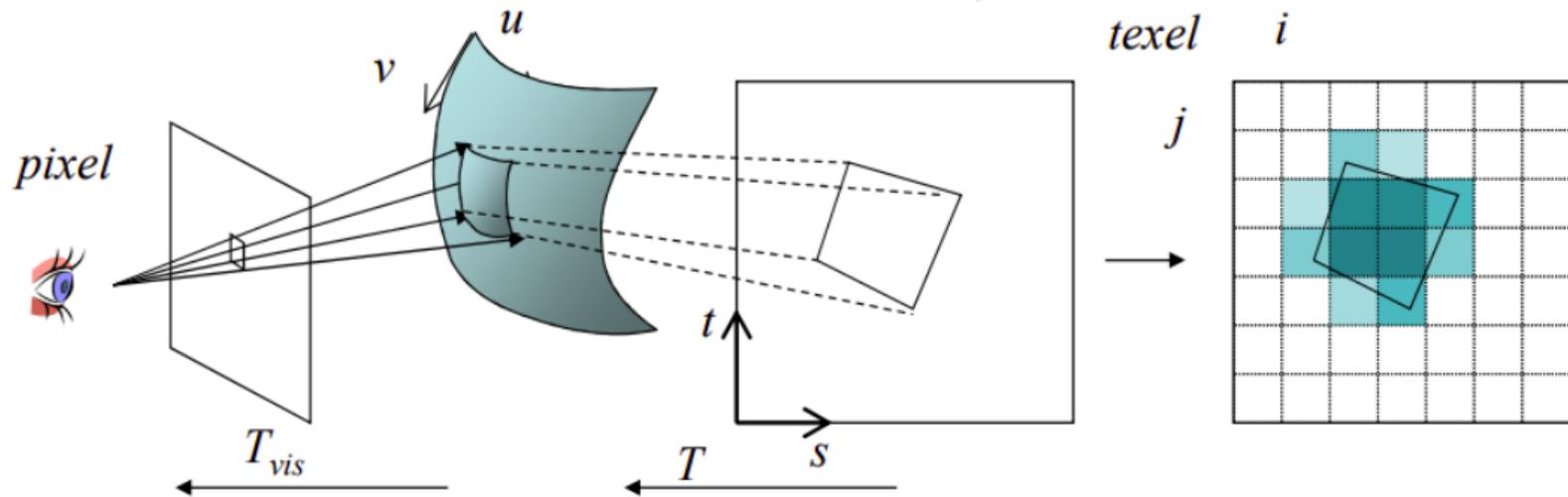
1. Dado um pixel (espaço *clip*/tela), precisamos identificar qual o modelo corresponde.
2. Dado um ponto do modelo, queremos saber a qual ponto da textura corresponde.

$$s = s(x, y, z)$$

$$t = t(x, y, z)$$

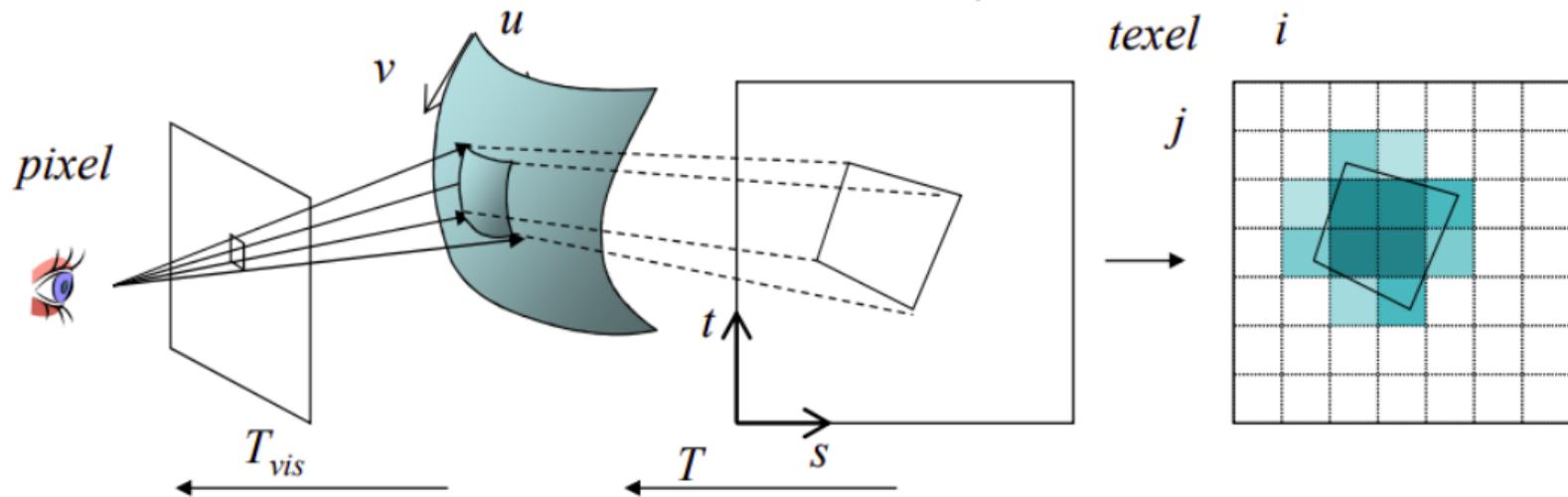


Processo de Mapeamento de Texturas



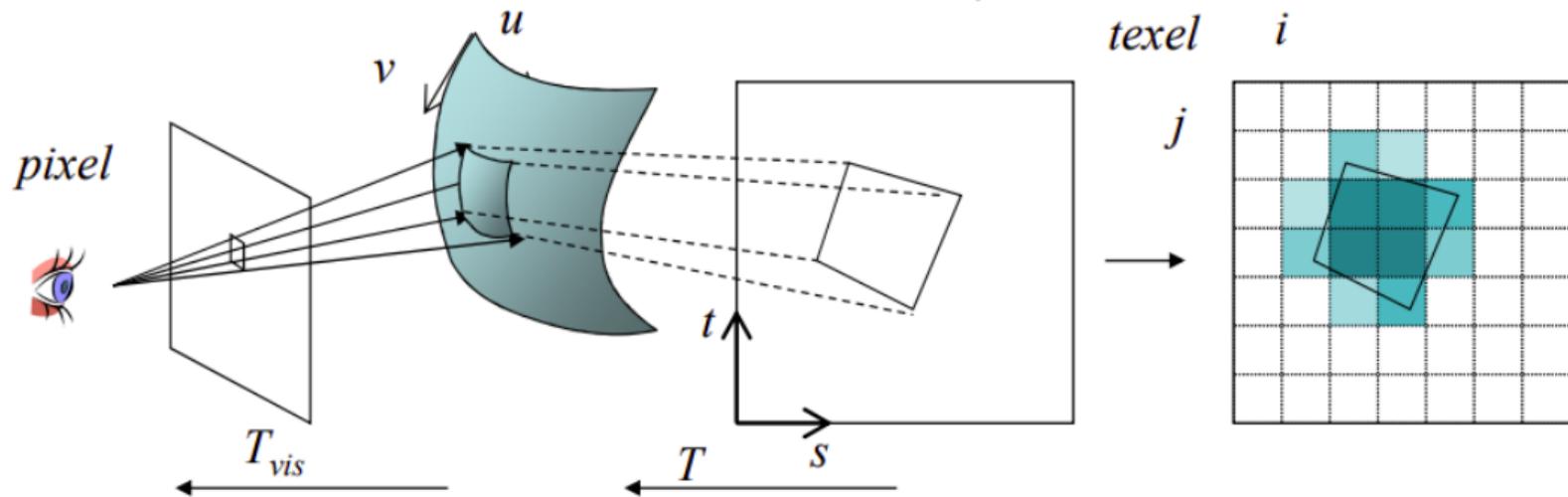
Projeção do pixel sobre a superfície: pontos da superfície correspondentes aos vértices do pixel.

Processo de Mapeamento de Texturas



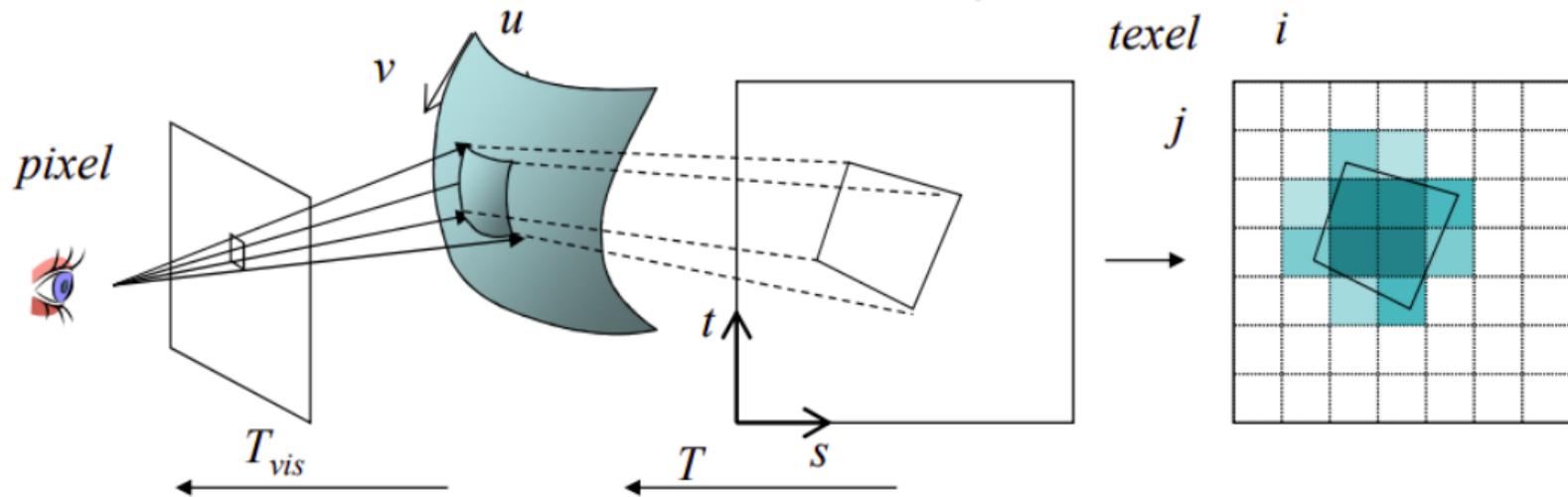
Parametrização: coordenadas paramétricas dos vértices do pixel projetados

Processo de Mapeamento de Texturas



Mapeamento inverso: coordenadas dos vértices no espaço de textura.

Processo de Mapeamento de Texturas



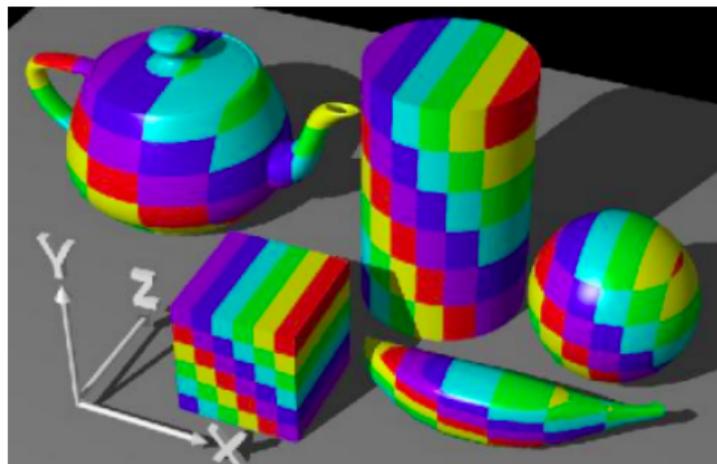
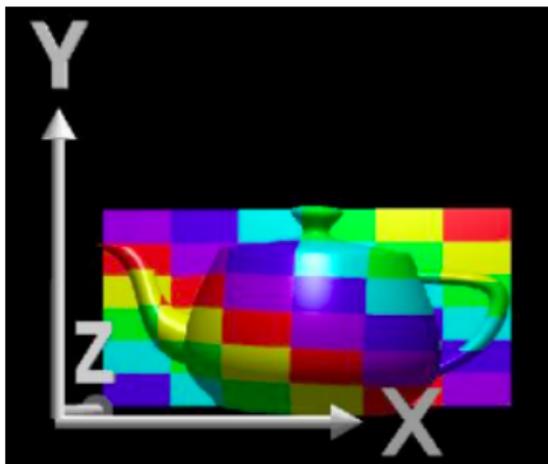
Média: cor média dos "texeis" proporcional à área coberta pelo polígono. Cada texel pode ocupar vários pixels ou vice-versa.

Tipos de Mapeamento

The background of the slide features a white central area with teal-colored geometric shapes. Two large teal triangles point towards each other from the left and right sides, meeting at a point at the bottom center. A smaller, darker teal triangle is positioned at the very bottom center, overlapping the meeting point of the two larger triangles.

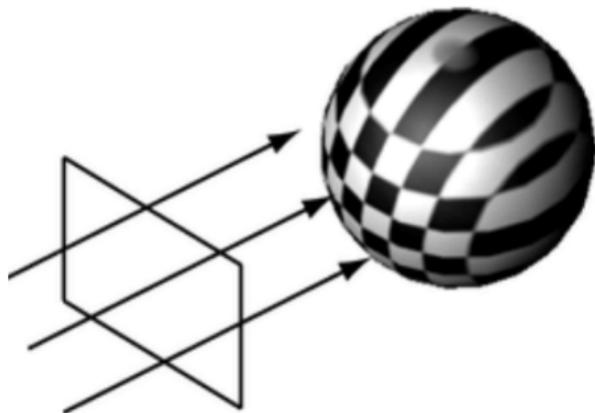
Tipos de Mapeamento

Planar: coordenadas uv mapeadas ortogonalmente.



Tipos de Mapeamento

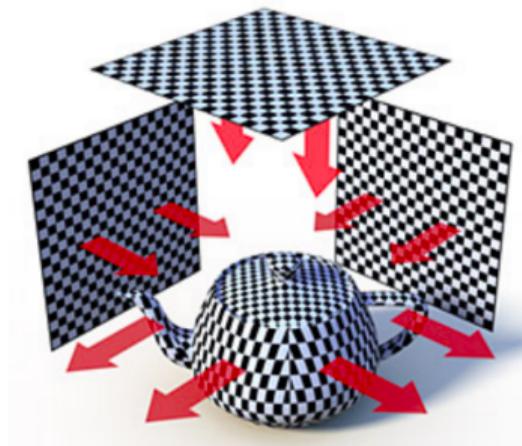
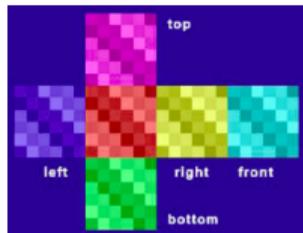
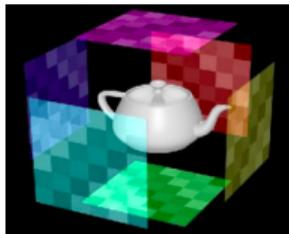
Planar: coordenadas uv mapeadas ortogonalmente.



Simple, mas apresenta efeito ruim em normais perpendiculares.

Tipos de Mapeamento

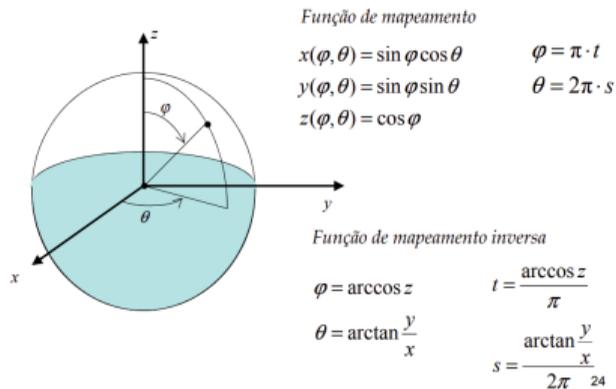
Cúbico: coordenadas uv mapeadas ortogonalmente nos seis planos de um cubo.



Tipos de Mapeamento

Esférico: coordenadas uv são mapeadas segundo coordenadas polares esféricas.

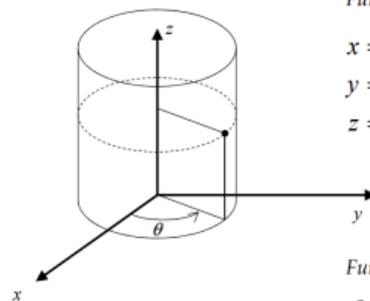
Parametrização da Esfera



Tipos de Mapeamento

Cilíndrico: coordenadas uv são mapeadas segundo coordenadas polares cilíndricas.

Parametrização do Cilindro



Função de mapeamento

$$\begin{aligned}x &= \cos \theta & \theta &= 2\pi \cdot s \\y &= \sin \theta & z &= t \\z &= z\end{aligned}$$

Função de mapeamento inversa

$$\begin{aligned}\theta &= \arctan \frac{y}{x} & s &= \frac{\theta}{2\pi} \\z &= z & t &= z\end{aligned}$$

Mapeamento em Duas Fases

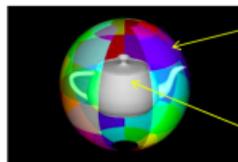
Modelos "complexos" podem ser englobados por uma superfície simples de um modelo intermediário (cubo, esfera, cilindro):

1. A textura é aplicada na superfície simples do modelo intermediário.
2. A textura é mapeada do objeto intermediário para o objeto alvo.

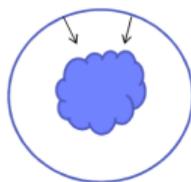
Mapeamento em Duas Fases

Modelos "complexos" podem ser englobados por uma superfície simples de um modelo intermediário (cubo, esfera, cilindro):

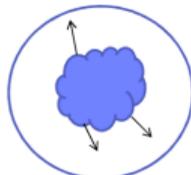
Fase 1: Escolher um modelo/superfície intermediário.



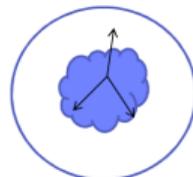
Superfície intermediária
Superfície de interesse



Na direção da normal da superfície intermediária



Na direção da normal da superfície de interesse



A partir do centro do objeto de interesse

Fase 2: Escolher uma estratégia de mapeamento.

Informações de Texturas no *WaveFront*

```
# Blender3D v249 OBJ File
v 1.000000 -1.000000 -1.000000
v 1.000000 -1.000000 1.000000
v -1.000000 -1.000000 1.000000
v -1.000000 -1.000000 -1.000000
v 1.000000 1.000000 -1.000000
v 0.999999 1.000000 1.000001
v -1.000000 1.000000 1.000000
v -1.000000 1.000000 -1.000000
vt 0.746573 0.750412
vt 0.749279 0.501284
vt 0.999110 0.501077
vt 0.999455 0.750380
vt 0.250471 0.500702
vt 0.249682 0.749577
vt 0.001085 0.750380
f 5/1/1 1/2/1 4/3/1
f 5/1/1 4/3/1 8/4/1
f 3/5/2 7/6/2 8/7/2
```

O caractere inicial de cada linha indica a função:

Comentários

v Vértices

vn Normal

vt Coordenadas de textura

f Faces

Cada face é um triângulo.

Informações de Texturas no *WaveFront*

```
# Blender3D v249 OBJ File
v 1.000000 -1.000000 -1.000000
v 1.000000 -1.000000 1.000000
v -1.000000 -1.000000 1.000000
v -1.000000 -1.000000 -1.000000
v 1.000000 1.000000 -1.000000
v 0.999999 1.000000 1.000001
v -1.000000 1.000000 1.000000
v -1.000000 1.000000 -1.000000
vt 0.746573 0.750412
vt 0.749279 0.501284
vt 0.999110 0.501077
vt 0.999455 0.750380
vt 0.250471 0.500702
vt 0.249682 0.749577
vt 0.001085 0.750380
f 5/1/1 1/2/1 4/3/1
f 5/1/1 4/3/1 8/4/1
f 3/5/2 7/6/2 8/7/2
```

Cada triângulo é formado por três vértices, representados por v/vt/vn. Exemplo: 5/1/1:

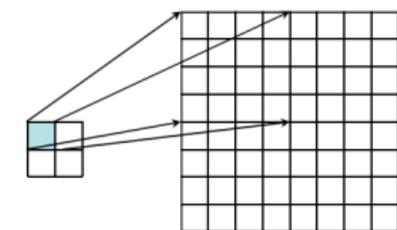
- ▶ A primeira parte indica o vértice na posição cinco (v 1.000000 1.000000 -1.000000).
- ▶ A segunda parte indica a coordenada da textura (vt 0.748573 0.750412).

Detalhes do Mapeamento

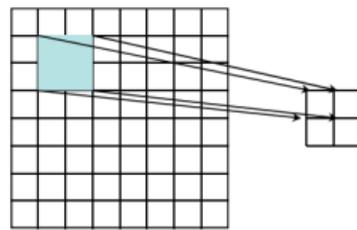
Pixeis não são texeis:

Magnificação Quando o polígono é maior que a textura.

Minificação Quando a textura é maior que o polígono.



Textura Polígono
Magnificação

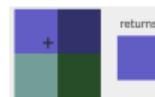


Textura Polígono
Minificação

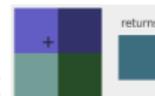
Detalhes do Mapeamento

Nesses casos devemos aplicar filtros:

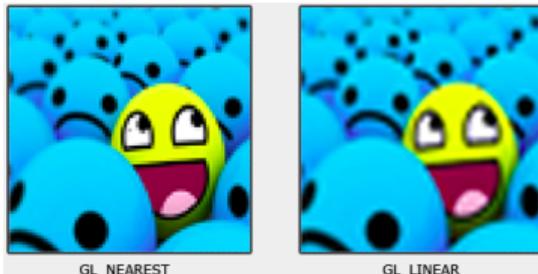
NEAREST Escolhe o texel mais próximo da coordenada de textura:



LINEAR Escolhe o texel interpolando os vizinhos e usa o valor aproximado:



NEAREST×LINEAR



Detalhes do Mapeamento

- ▶ Repetição de texturas: quando uma mesma textura é repetida várias vezes no polígono.
- ▶ Padrões de repetição:
 - REPEAT** Repetição simples.
 - CLAMP** "Estica" o último texel.



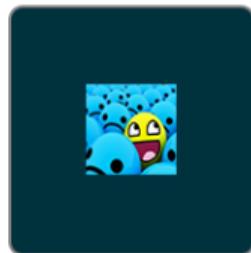
GL_REPEAT



GL_MIRRORED_REPEAT



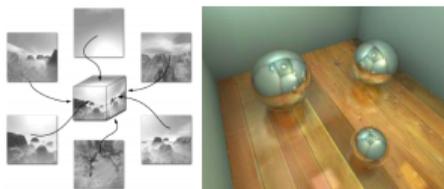
GL_CLAMP_TO_EDGE



GL_CLAMP_TO_BORDER

Outros Tipos de Mapeamento

Mapeamento de Reflexão: reflete na superfície dos objetos os elementos que compõem a cena.



Mapeamento *Bump*: técnica de perturbação para dar efeito de superfície áspera.



Material de base para a aula

- ▶ Tamar Shinar (2012). CS230 : Computer Graphics. Lecture 7: Texture Mapping. Computer Science & Engineering. UC Riverside.
- ▶ Stanford CS348V (2018). Lecture 16. Texturing mapping algorithms and hardware. Visual Computing Systems Course. Stanford University.
- ▶ Claudio Esperança e Paulo Roma Cavalcanti (2011). Introdução à Computação Gráfica Texturas. UFRJ.
- ▶ ANGEL, Edward et al (2012). Interactive computer graphics: a top-down approach with shader-based OpenGL. Boston: Addison-Wesley.
- ▶ Computação Gráfica: Aula 09. Slides de Ricardo M. Marcacini. Disciplina SCC0250/0650, ICMC/USP, 2021.

Exercícios

The background features a white central area with teal-colored geometric shapes. Two large teal triangles point towards each other from the left and right sides, meeting at a point at the bottom center. A smaller, darker teal triangle is positioned at the very bottom center, overlapping the meeting point of the two larger triangles.

Exercícios I

Para os exercícios a seguir, considere uma textura quadrada de dimensão 2×2 (pixels), apresentada abaixo (xadrez), um retângulo com coordenadas $P = \begin{bmatrix} -D & D & -D & D \\ -M & M & M & -M \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$, com o dia de seu nascimento como D e o mês como M , e que a textura pode ser mapeada diretamente no retângulo.



Exercícios II

1. Apresente a textura no retângulo com o parâmetro CLAMP (apenas a ideia via um desenho).
2. Apresente a textura no retângulo com o parâmetro REPEAT (apenas a ideia via um desenho).
3. Analise o exemplo de aula e altere a textura de um ou mais objetos. Podem ser utilizadas as demais texturas da pasta de exemplos ou outra imagem qualquer.