

IA725 – Computação Gráfica I

Técnicas de Mapeamento

Watt, capítulo 8
Red Book, capítulo 9

Texturização

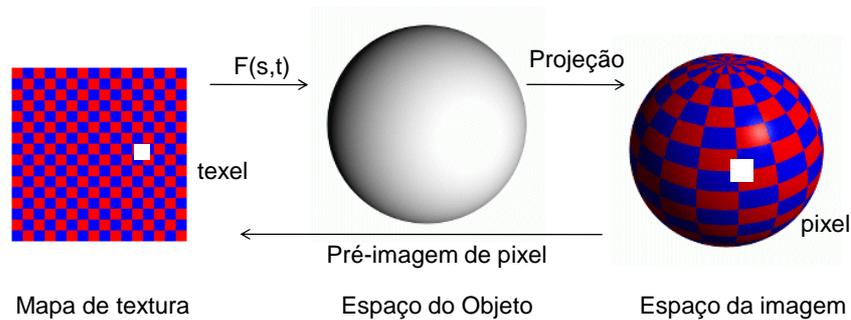
- Prover uma forma eficiente de lidar com as diferenças de reflectância difusa ponto-a-ponto em uma superfície (Catmull, 1975).
- Mais eficiente do que usar apenas geometria.



IA725 – 1s2009 - Ting

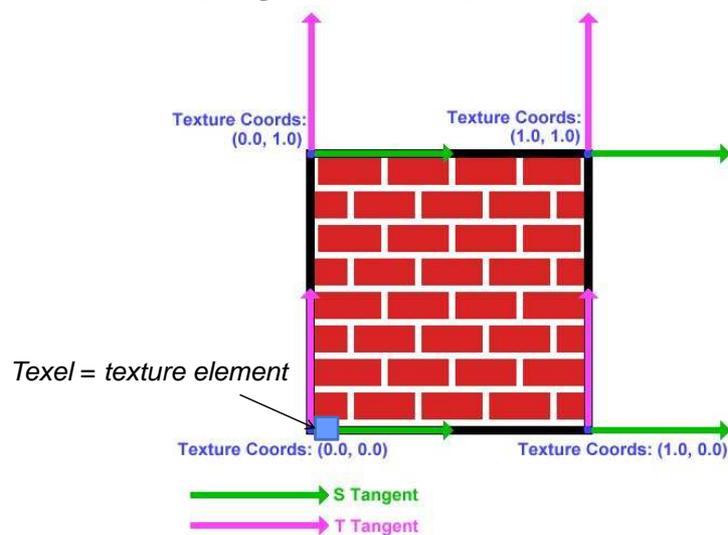
Mapas de Textura

- Funções ou imagens que alteram os atributos de uma figura geométrica. Tal função ou imagem é chamada de mapa de textura.



IA725 – 1s2009 - Ting

Espaço de Mapas de Textura

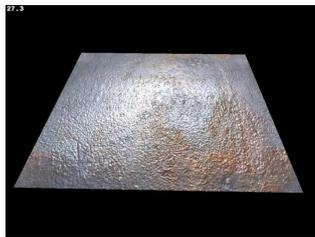


IA725 – 1s2009 - Ting

Representação no domínio espacial

Atributos “Moduláveis”

- Componente Difusa da Cor: (R_d, G_d, B_d)
- Componente Especular da Cor: (R_s, G_s, B_s)
- Vetores normais: (n_x, n_y, n_z)
- Posições: (x, y, z)
- Transparência: opacidade α



IA725 – 1s2009 - Ting



Mapeamento de textura 1D

- Textura com dois **intervalos** de cores c_0 e c_1 :

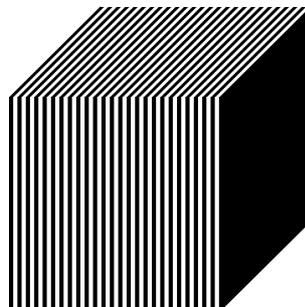
RGB stripe(point \mathbf{p})

If $(\sin(\mathbf{p}_x) > 0)$ **then**

return c_0

else

return c_1



IA725 – 1s2009 - Ting

Mapeamento de textura 1D

- Textura com dois **intervalos** de cores c_0 e c_1 :

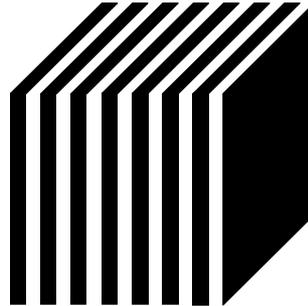
RGB stripe(point \mathbf{p} , real w)

If $(\sin(\pi \mathbf{p}_x / w) > 0)$ **then**

return c_0

else

return c_1



- w controla a largura das faixas.

IA725 – 1s2009 - Ting

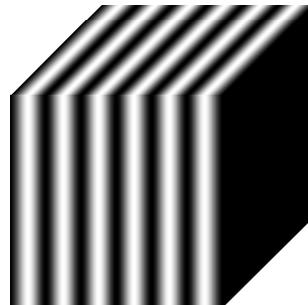
Mapeamento de textura 1D

- Textura com dois **intervalos** de cores c_0 e c_1 :

RGB stripe(point \mathbf{p} , real w)

$t = (1 + \sin(\pi \mathbf{p}_x / w)) / 2$

return $(1-t)c_0 + tc_1$

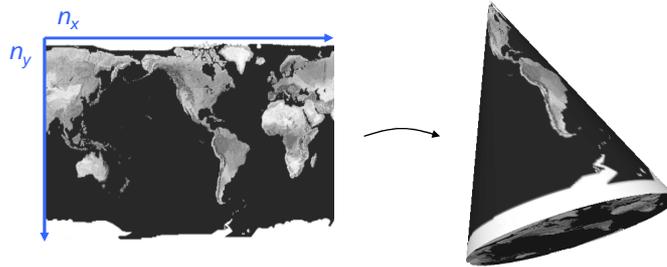


- w controla a largura das faixas.
- Transição suave entre as faixas.

IA725 – 1s2009 - Ting

Mapeamento de textura 2D

- Textura é um **arranjo 2D** de tamanho n_x , n_y . Cada elemento deste arranjo é chamado de *texel* (*texture element*).

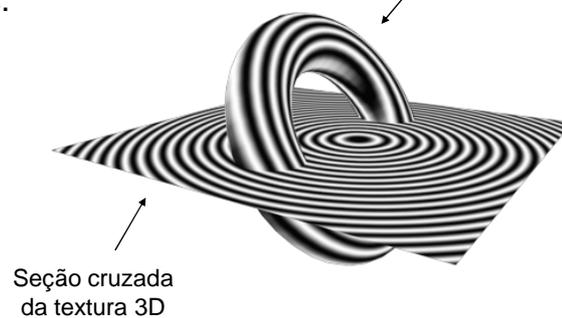


IA725 – 1s2009 - Ting

Mapeamento de textura 3D

Um volume de textura (u, v, w, q) é utilizado para modular os atributos.

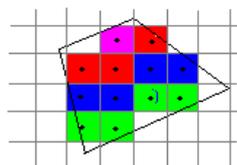
Objeto com textura 3D mapeada



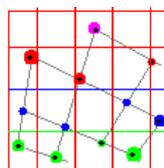
IA725 – 1s2009 - Ting

Problemas

- O modelo é usualmente uma malha triangular definida por um conjunto de vértices.
- Os mapas de textura são predominantemente planos (2D) e as figuras geométricas podem apresentar formas arbitrárias.
- Os mapas de textura são, usualmente, imagens digitais (número finito de amostras que, eventualmente, precisam ser reamostradas)



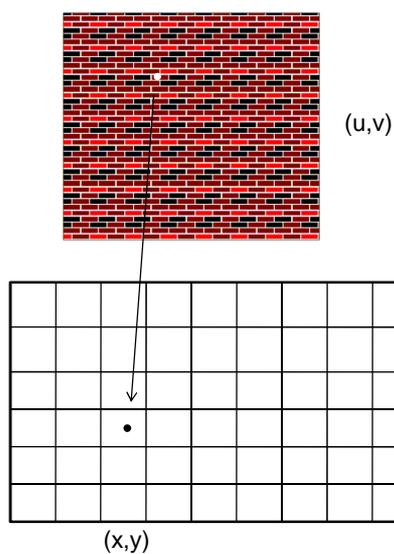
Screen



Texture

Texturização de Malhas Poligonais

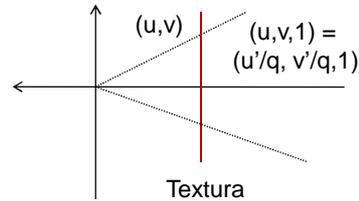
Mapeamento direto



Texturização de Malhas Poligonais

Mapeamento direto

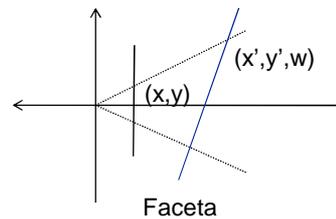
$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & i \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u' \\ v' \\ q \end{bmatrix}$$



$$(x, y) = (x' / w, y' / w)$$

$$(u, v) = (u' / q, v' / q)$$

$$i = 1$$



IA725 - 1s2009 - Ting

Texturização de Malhas Poligonais

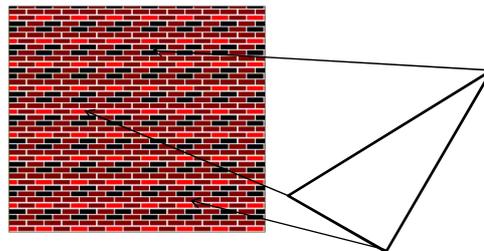
Mapeamento Inverso

$$\begin{bmatrix} u' \\ v' \\ q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} ei - fh & ch - bi & bf - ce \\ fg - di & ai - cg & cd - af \\ dh - eg & bg - ah & ae - bd \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x' \\ y' \\ w \end{bmatrix}$$

$$(x, y) = (x' / w, y' / w)$$

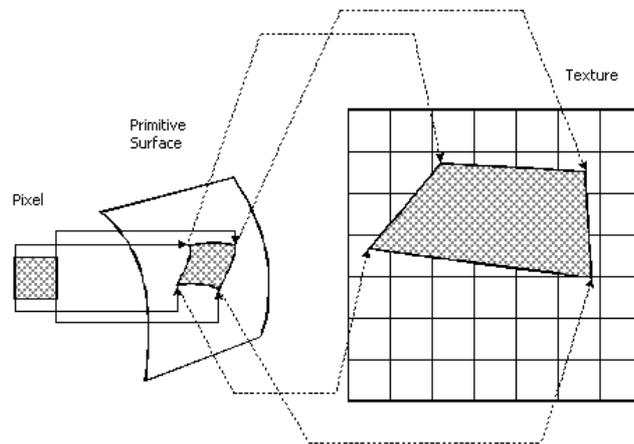
$$(u, v) = (u' / q, v' / q)$$

$$i = 1$$



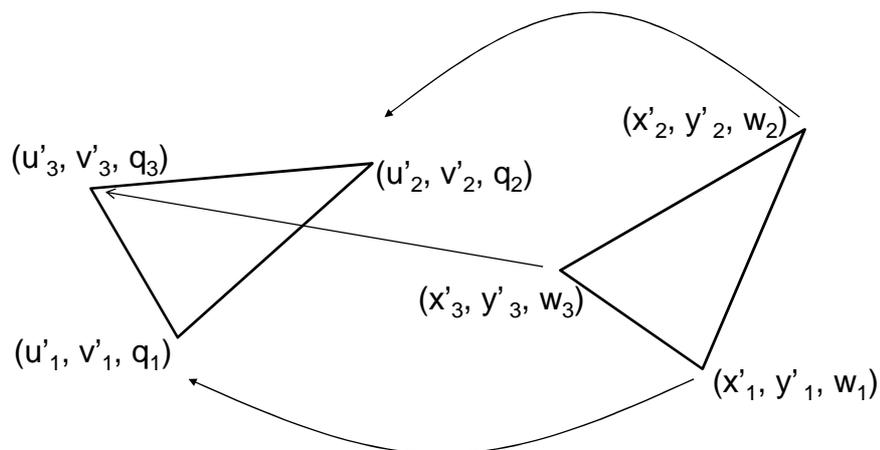
IA725 - 1s2009 - Ting

Texturização de Malhas Poligonais Transformação Linear



4 pares de correspondências → matriz de transformação

Texturização de Malhas Poligonais Mapeamento direto: outra alternativa



IA725 - 1s2009 - Ting

Interpolação entre as amostras

Texturização de Malhas Poligonais

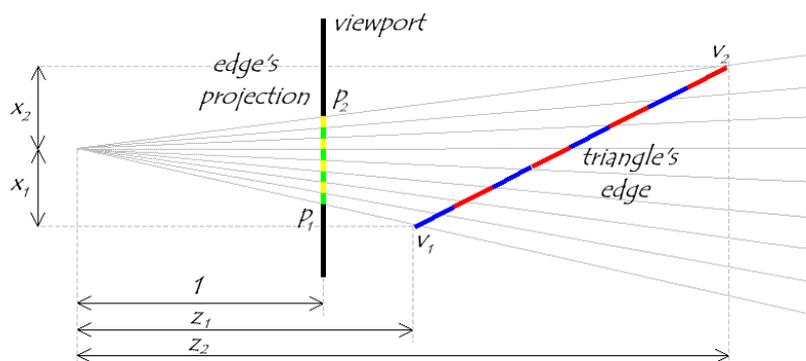
Mapeamento direto: outra alternativa



$t_\lambda = (1-\lambda)t_0 + \lambda t_1$	$t_\lambda = (1-\lambda)t_0 + \lambda t_1$	$(1-\lambda)\frac{t_0}{z_0} + \lambda\frac{t_1}{z_1}$
$\lambda \in [0,1]$	$\lambda \in [0,1]$	$t_\lambda = \frac{(1-\lambda)\frac{q_0}{z_0} + \lambda\frac{q_1}{z_1}}{(1-\lambda)\frac{q_0}{z_0} + \lambda\frac{q_1}{z_1}}$
$\Delta t(u,v) = \Delta p(x,y)$	$\Delta t(u,v) \neq \Delta p(x,y)$	$\lambda \in [0,1]$

Texturização de Malhas Poligonais

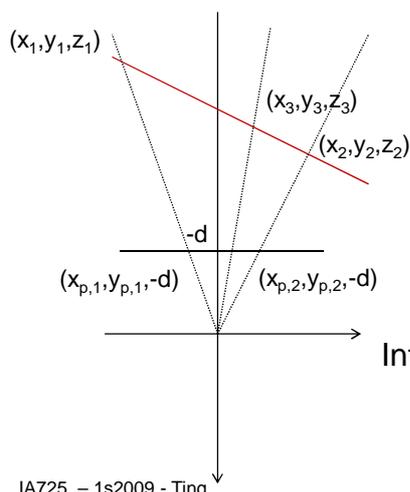
Interpolação em perspectiva



- Passos uniformes no plano da imagem não correspondem a passos uniformes ao longo da aresta.

IA725 - 1s2009 - Ting

Texturização de Malhas Poligonias Interpolação de z em perspectiva



$$\frac{x_p}{x} = \frac{-d}{z} \therefore x = -\frac{zx_p}{d}$$

Como $ax+bz=c$ (variação linear):

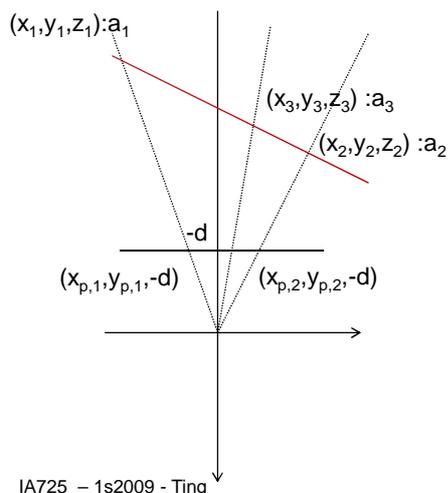
$$\left(-\frac{ax_p}{d} + b\right)z = c \therefore \frac{1}{z} = \left(-\frac{ax_p}{cd} + \frac{b}{c}\right)$$

Interpolação linear do recíproco de z:

$$\frac{1}{z_3} = \frac{1}{z_1}(1-\lambda) + \frac{1}{z_2}\lambda$$

IA725 - 1s2009 - Ting

Texturização de Malhas Poligonias Interpolação de atributos em perspectiva



$$\frac{a_3 - a_1}{a_2 - a_1} = \frac{z_3 - z_1}{z_2 - z_1}$$

Como

$$z_3 = \frac{1}{\frac{1}{z_1}(1-\lambda) + \frac{1}{z_2}\lambda}$$

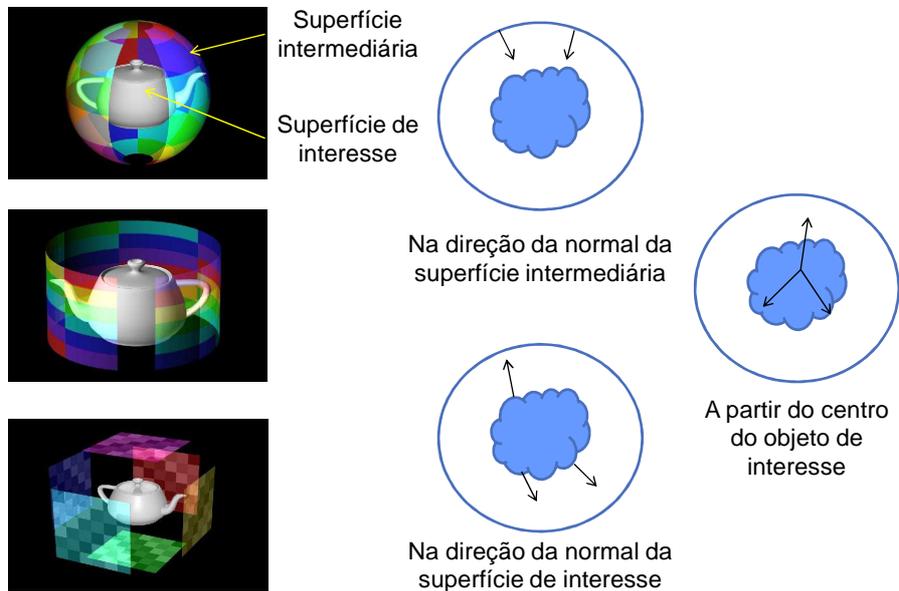
$$a_3 = \frac{a_1 z_2 (1-\lambda) + a_2 z_1 \lambda}{z_2 (1-\lambda) + z_1 \lambda}$$

$$\therefore \frac{a_3}{z_3} = \frac{a_1}{z_1}(1-\lambda) + \frac{a_2}{z_2}\lambda$$

IA725 - 1s2009 - Ting

Texturização de Malhas Poligonais

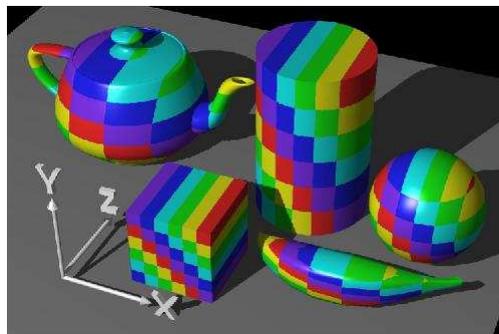
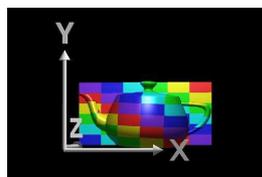
Superfícies Intermediárias



Texturização de Malhas Poligonais

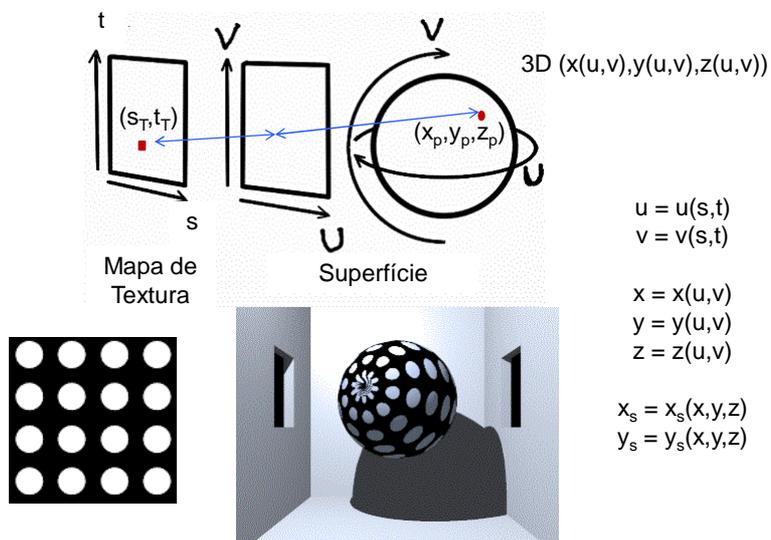
Superfície Intermediária Plana

- A textura 2D é projetada ortogonalmente em uma dada direção de tal modo que coincida com o produto vetorial entre u e v .



IA725 – 1s2009 - Ting

Texturização de Malhas Poligonais Superfície Intermediária Esférica

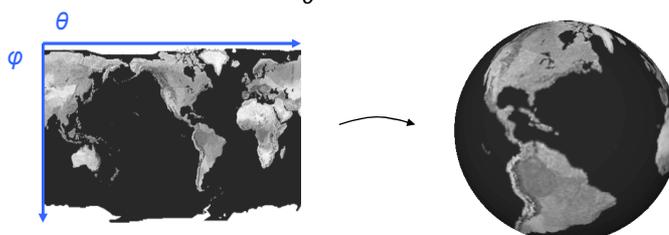


IA725 - 1s2009 - Ting

Mapeamento esférico

- Mapeamento de $(u, v) \in [0, 1]^2$ sobre a longitude e latitude de uma esfera.
- Para uma esfera de raio R com centro em (c_x, c_y, c_z) , a equação paramétrica dessa esfera é:

$$\begin{aligned}x &= x_c + R \cos \varphi \sin \theta, \\y &= y_c + R \sin \varphi \sin \theta, \\z &= z_c + R \cos \theta.\end{aligned}$$



Texturização de Malhas Poligonais Mapeamento esférico (inverso)

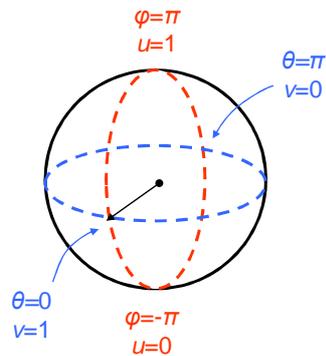
$$\theta = \text{acos}((z-z_c)/R),$$

$$\varphi = \text{atan}((y-y_c)/(x-x_c)).$$

Uma vez que $(\theta, \varphi) \in [0, \pi] \times [\pi, \pi]$, convertemos (u, v) da seguinte forma:

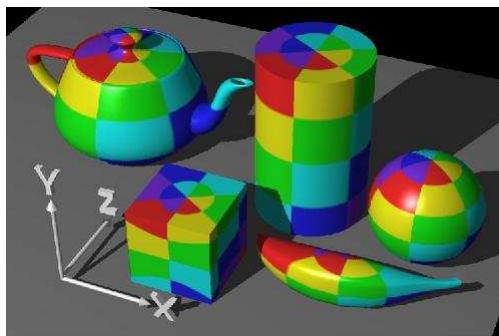
$$u = (\varphi + \pi)/2\pi,$$

$$v = (\pi - \theta)/\pi.$$



IA725 – 1s2009 - Ting

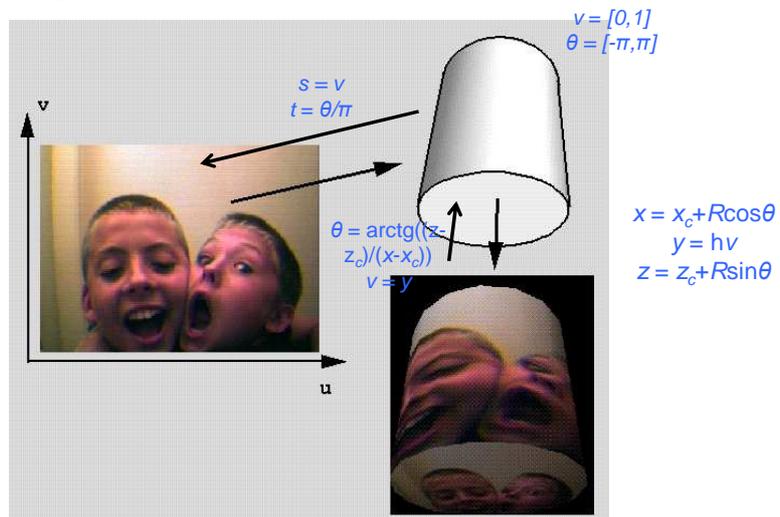
Texturização de Malhas Poligonais Superfície Intermediária Esférica



IA725 – 1s2009 - Ting

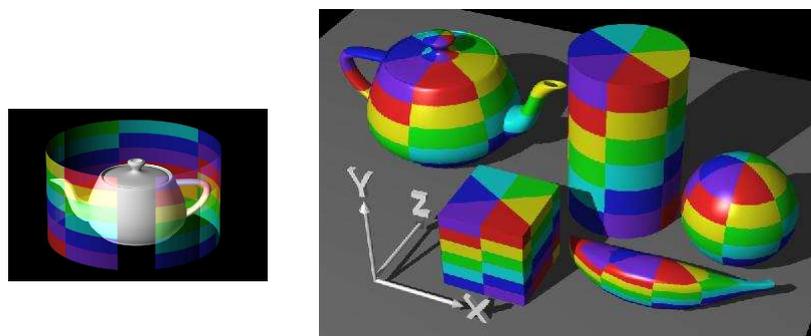
Texturização de Malhas Poligonais

Superfície Intermediária Cilíndrica

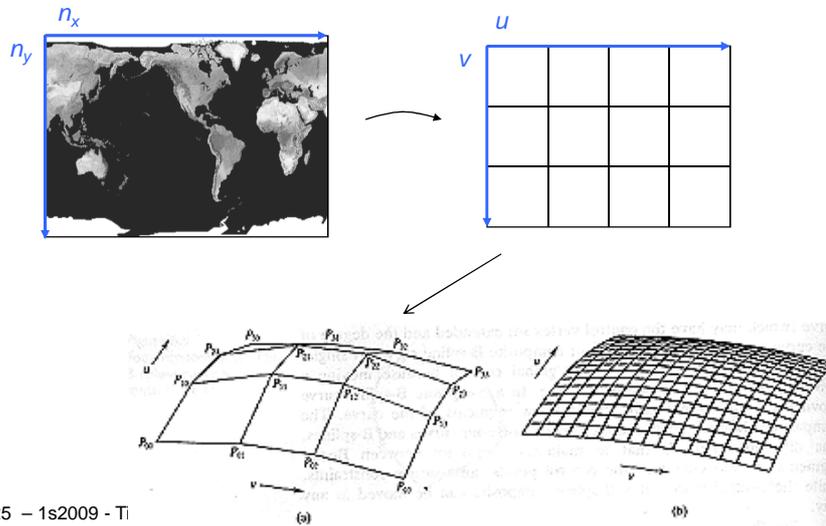


Texturização de Malhas Poligonais

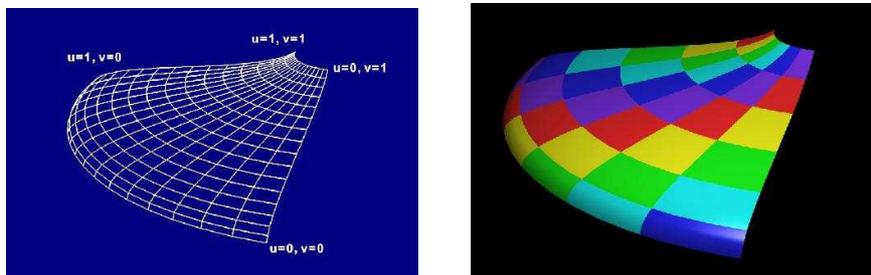
Superfície Intermediária Cilíndrica



Texturização de Superfícies Paramétricas



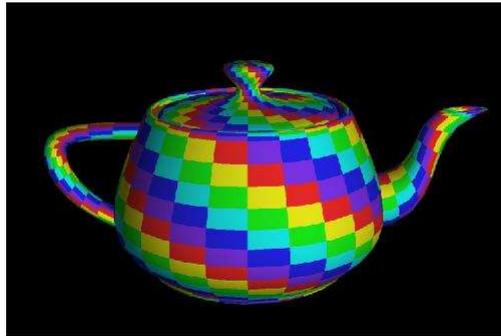
Texturização de Superfícies Paramétricas



IA725 - 1s2009 - Ting

Texturização de Superfícies Paramétricas

- Chaleira modelada com 32 superfícies de Bézier, cada uma texturizada utilizando a parametrização normalizada da superfície.



IA725 – 1s2009 - Ting

Billboards

Espaço da Câmera

$$\vec{V}_{obs} = (0, 0, -1, 0)$$

Espaço de Universo

$$\vec{V}' = M\vec{V}_{obs}$$

$$\theta = \pi - \cos^{-1}(\vec{V}' \cdot \vec{N})$$

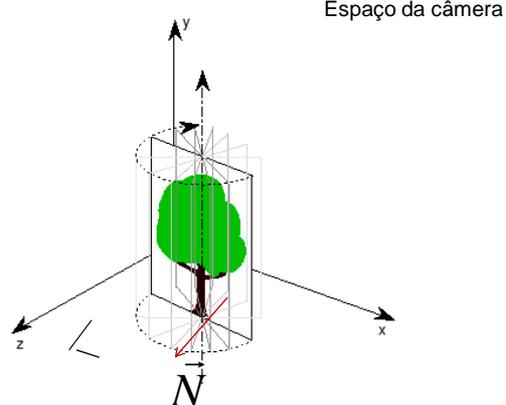


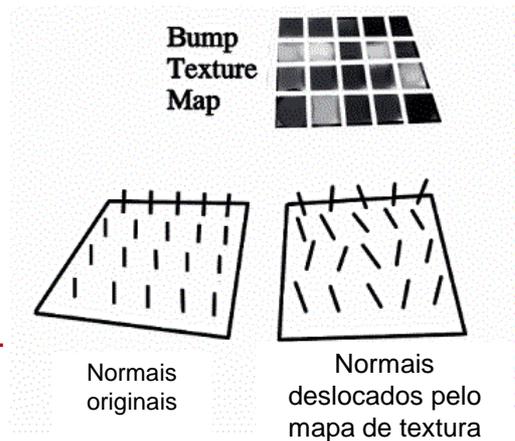
Figure 36. Billboard with Cylindrical Symmetry

IA725 – 1s2009 - Ting

Bump mapping

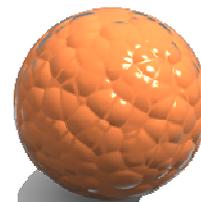
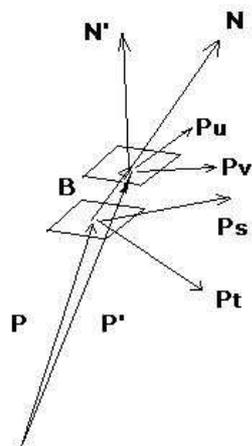
- Utiliza texturas para perturbar a direção do vetor normal de cada ponto da superfície (Blinn, 1978).

- Não modifica a forma da superfície.
- Modelo de iluminação usa o vetor normal modificado.



IA725 – 1s2009 - Ting

Bump mapping Blinn



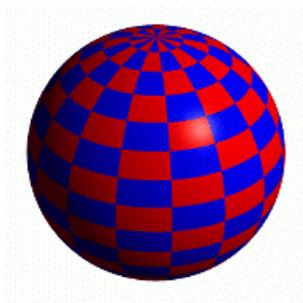
$$N = P_u \times P_v$$

$$P' = P + \frac{B(s,t)N}{|N|}$$

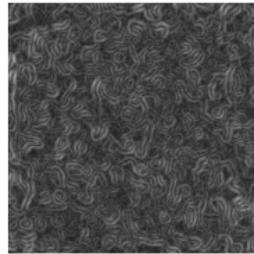
$$N' = N + \frac{B_s(N \times P_u) - B_t(N \times P_v)}{|N|}$$

IA725 – 1s2009 - Ting

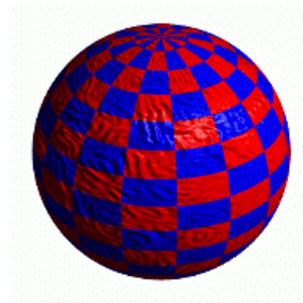
Bump mapping **Exemplo**



Esfera com textura difusa



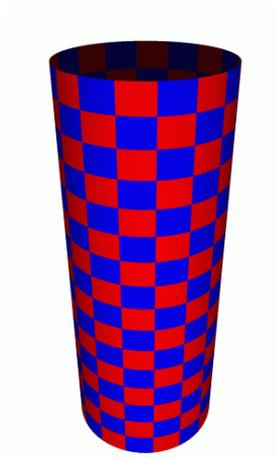
Bump map



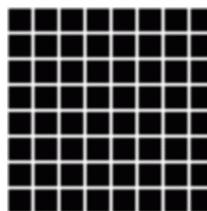
Esfera com textura difusa
e *bump mapping*

IA725 – 1s2009 - Ting

Bump mapping **Exemplo**



Cilindro com textura
difusa



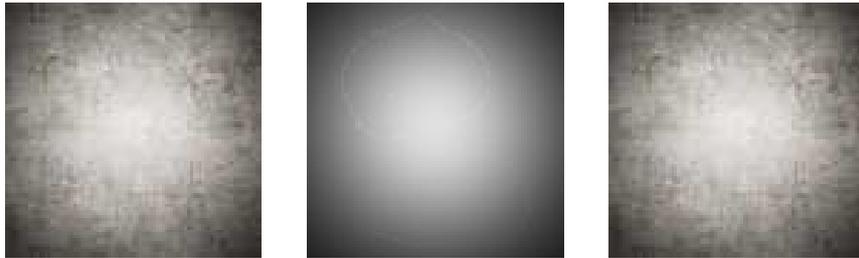
Bump map



Cilindro com textura difusa
e *bump mapping*

IA725 – 1s2009 - Ting

Mapa de Luz

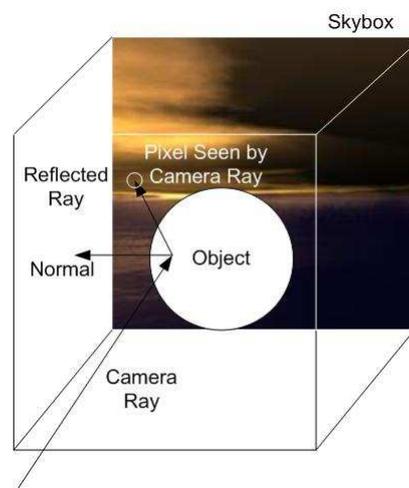


IA725 – 1s2009 - Ting

Environment mapping

- Técnica simples e eficaz de simular reflexos produzidos por superfícies espelhadas. Requer o mapa de reflexão.

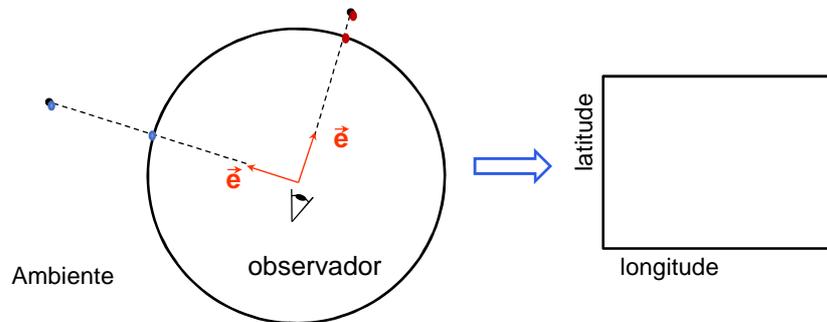
$$R_v = 2(N \cdot V)N - V$$



IA725 – 1s2009 - Ting

Environment mapping

Latitude e Longitude (1976)



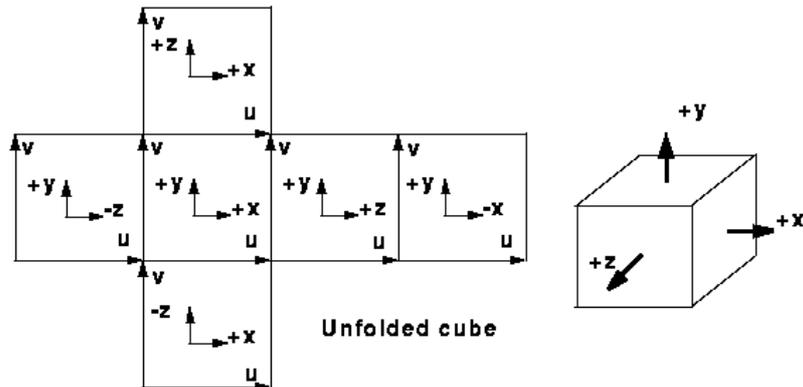
IA725 - 1s2009 - Ting

Mapa de Reflexão Latitude-Longitude

Exemplo

IA725 - 1s2009 - Ting <http://www.reindelsoftware.com/Documents/Mapping/Mapping.html>

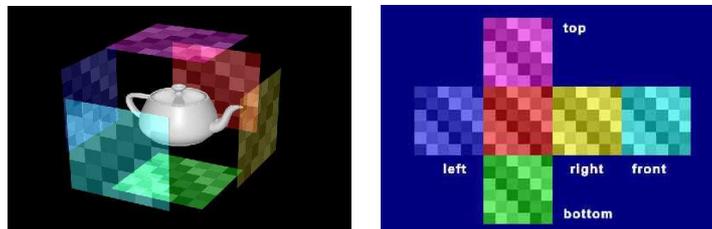
Mapeamento Cúbico



IA725 – 1s2009 - Ting

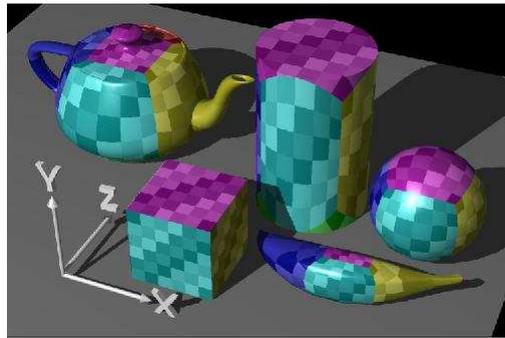
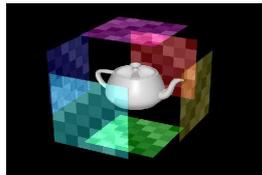
Mapeamento cúbico

- Mapeamento de $(u, v) \in [0, 1]^2$ sobre cada lado de um cubóide. Em vez de usar um mapa de textura, utilizam-se seis mapas – um para cada lado do cubo.



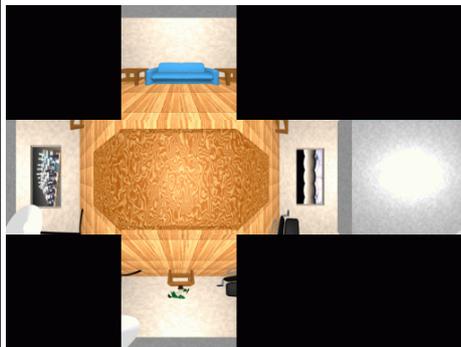
- Ex.: Para mapear os lados da frente e de trás, elimina-se a coordenada z do ponto do objeto. As coordenadas xy restantes são utilizadas como no mapeamento planar.

Mapeamento cúbico



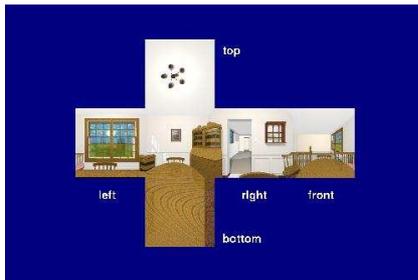
IA725 - 1s2009 - Ting

Mapeamento Cúbico



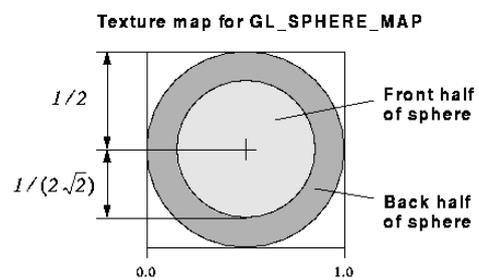
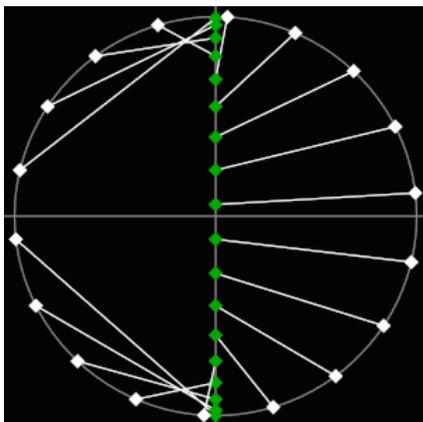
IA725 - 1s2009 - Ting

Mapeamento cúbico



IA725 - 1s2009 - Ting

Mapa Esférico



IA725 - 1s2009 - Ting

Mapeamento Esférico

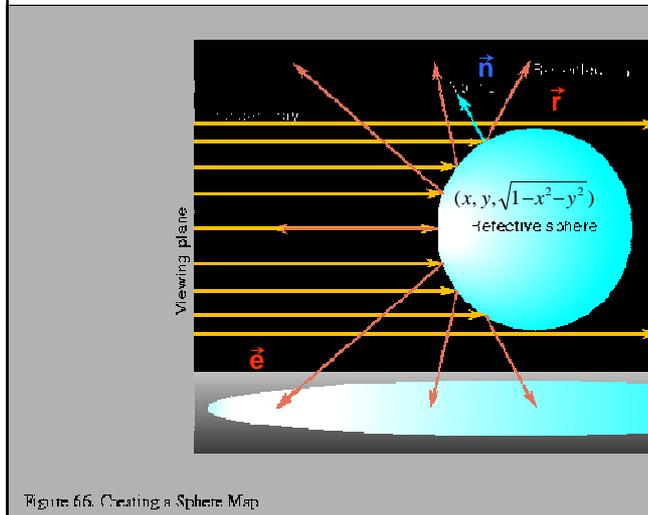


Figure 66. Creating a Sphere Map

$$\frac{x}{2} = s - \frac{1}{2}$$

$$\frac{y}{2} = t - \frac{1}{2}$$

$$z = \sqrt{1 - x^2 - y^2}$$

$$r = \bar{e} - 2(\bar{e} \cdot \bar{n})\bar{n}$$

$$\bar{e} = (0, 0, -1)$$

$$\bar{n} = (x, y, \sqrt{1 - x^2 - y^2})$$

$$r_x = 2\sqrt{1 - x^2 - y^2}x$$

$$r_y = 2\sqrt{1 - x^2 - y^2}y$$

$$r_z = 2(1 - x^2 - y^2) - 1$$

$$r_x^2 + r_y^2 + (r_z + 1)^2 = 4(1 - x^2 - y^2)$$

Mapeamento Esférico

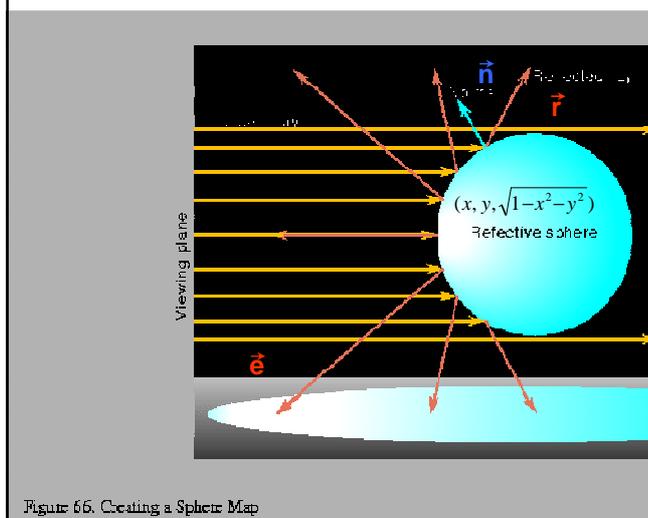


Figure 66. Creating a Sphere Map

IA725 - 1s2009 - Ting

$$\frac{x}{2} = s - \frac{1}{2}$$

$$\frac{y}{2} = t - \frac{1}{2}$$

$$r_x = 2\sqrt{1 - x^2 - y^2}x$$

$$r_y = 2\sqrt{1 - x^2 - y^2}y$$

$$\sqrt{r_x^2 + r_y^2 + (r_z + 1)^2} = 2\sqrt{1 - x^2 - y^2}$$

$$s = \frac{r_x}{2\sqrt{r_x^2 + r_y^2 + (r_z + 1)^2}} + \frac{1}{2}$$

$$t = \frac{r_y}{2\sqrt{r_x^2 + r_y^2 + (r_z + 1)^2}} + \frac{1}{2}$$

Mapeamento Esférico

Exemplo



Mapa de textura



Modelo texturizado

IA725 – 1s2009 - Ting

Mapeamento procedural de textura 3D

- Texturas 3D.
 - Também chamadas de texturas sólidas ou texturas volumétricas.
- Funções baseadas em ruído Noise(**p**).que modulam de forma aleatória atributos (cor, vetor normal, etc)
- Características de Noise(**p**)
 - Invariância estatística sob rotação
 - Invariância estatística sob deslocamento
 - Banda estreita de frequência

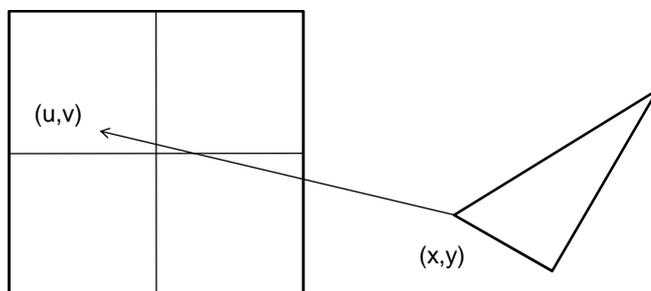
IA725 – 1s2009 - Ting

Função de Ruído de *Perlin*

<http://mrl.nyu.edu/~perlin/doc/oscar.html>

IA725 – 1s2009 - Ting

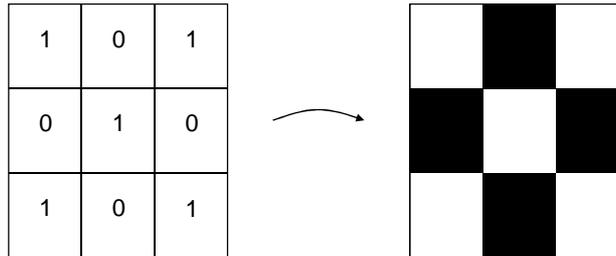
Texturização de Malhas Poligonais Interpolação Bilinear



IA725 – 1s2009 - Ting

Texturização de Malhas Poligonais

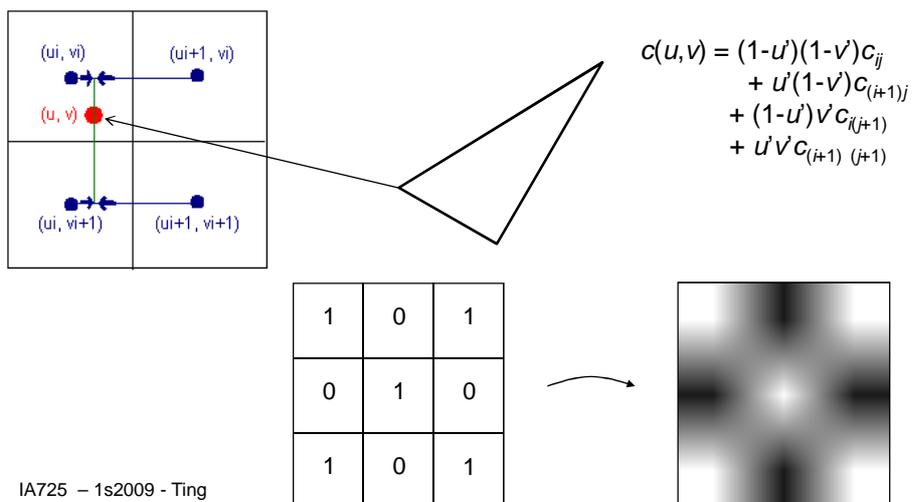
Estratégia de Interpolação: *Nearest-neighbor*



IA725 – 1s2009 - Ting

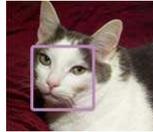
Texturização de Malhas Poligonais

Estratégia de Interpolação: Interpolação Bilinear



IA725 – 1s2009 - Ting

Texturização de Malhas Poligonais Comparação



Vizinho mais próximo



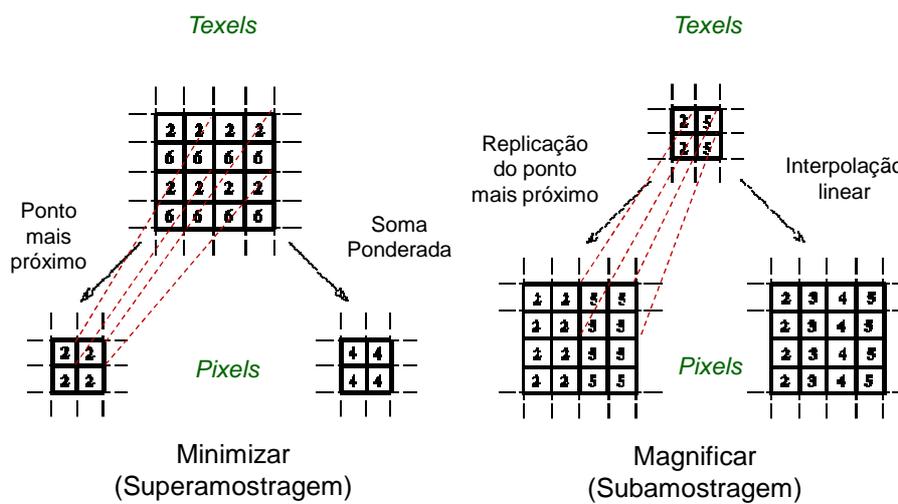
Bilinear



Hermite

IA725 - 1s2009 - Ting

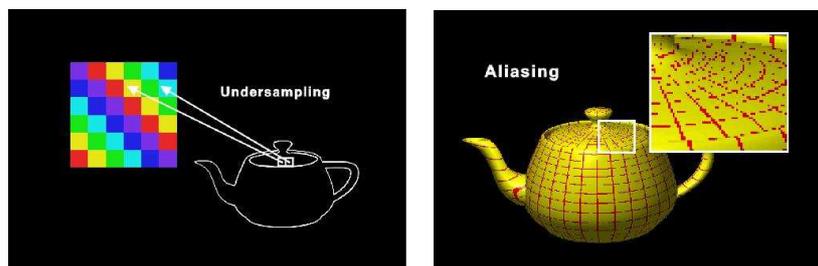
Subamostragem e Superamostragem



IA725 - 1s2009 - Ting

Aliasing

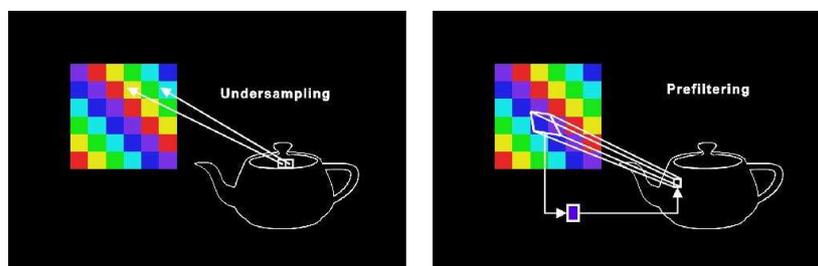
- Resultado da subamostragem da textura.
 - Em mapeamento de textura, *aliasing* ocorre quando dois *pixels* adjacentes do objeto são mapeados em *texels* diferentes, não-adjacentes, do mapa de textura.



IA725 – 1s2009 - Ting

Redução de *Aliasing*

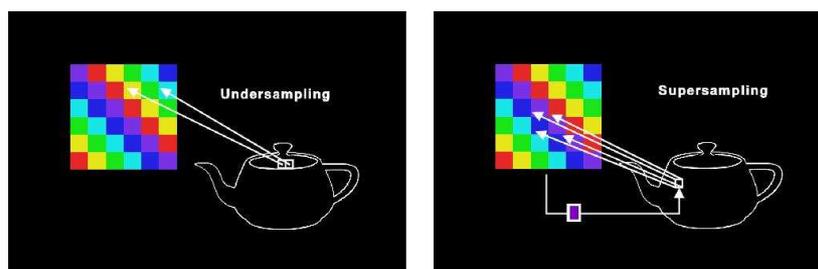
- **Pré-filtragem** (Catmull, 1978): Cada *pixel* do objeto é tratado como uma área. A área do *pixel* é mapeada na textura. A cor média é calculada para os *texels* contidos nesta área.



IA725 – 1s2009 - Ting

Redução de *Aliasing*

- **Superamostragem** (Crow, 1981): Também calcula uma cor média. No exemplo abaixo, cada canto da área do pixel é mapeado na textura. A média dos valores obtidos produz a cor final do objeto.



IA725 – 1s2009 - Ting

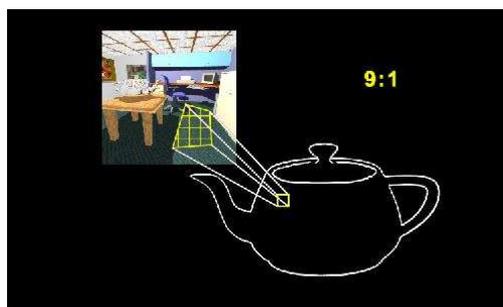
Redução de *Aliasing*

- MIP (*Multum In Parvo* – muito em pouco espaço).
- Método de aceleração do cálculo da cor média para áreas de amostragem da textura (Williams, 1983).
 - Várias versões da textura são criadas (*mipmaps*).
 - Cada *texel* de uma versão contém a cor média de 4 *texels* da versão anterior.



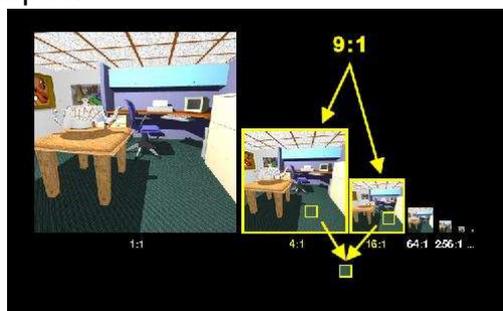
Redução de *Aliasing*

- Na texturização, a área de cada *pixel* do objeto é mapeada no mapa de textura original.
- Cada *mipmap* é associado a uma medida de quantos *texels* da textura original estão na área do *texel* do mipmap. No exemplo abaixo, a razão desses *texels* é de 9:1.

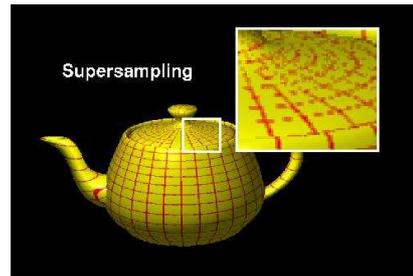
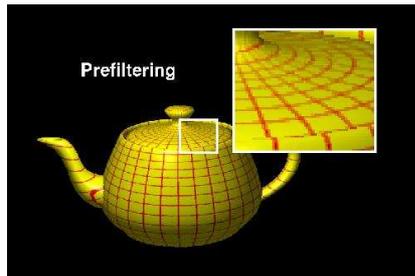


Redução de *Aliasing*

- Para calcular a cor final, encontramos os dois mapas de textura cujas razões de *texels* é a mais próxima da razão do *pixel* atual.
- A cor resultante é a média das cores dos *pixels* amostrados nos dois mapas.



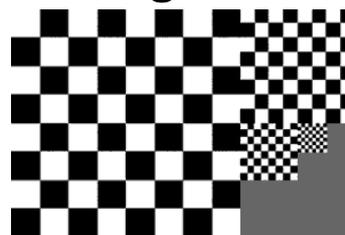
Redução de *Aliasing* Exemplos



IA725 - 1s2009 - Ting

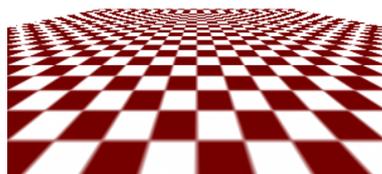
Redução de *Aliasing*

- Superamostragem

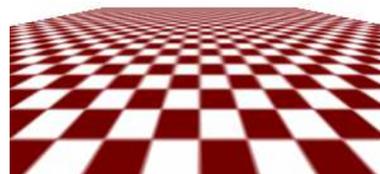


This simple MIP map holds four
copies of a chequered texture,
all at different scales

Efeito de Moiré



Sem *mipmapping*



Com *mipmapping*

IA725 - 1s2009 - Ting