

Universidade do Vale do Rio dos Sinos  
Computação Gráfica – 2005/1

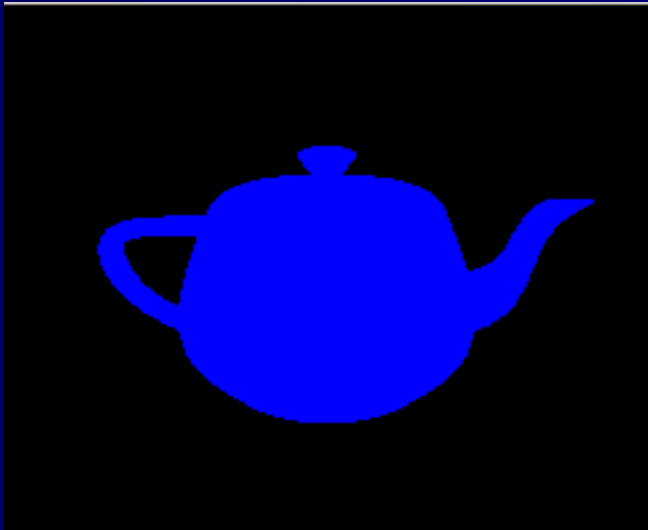
Modelos de Iluminação e modelos de  
sombreamento para polígonos

# Roteiro

- **Motivação**
- **Introdução**
- **Modelos de Iluminação**
  - Iluminação Ambiente
  - Reflexão Difusa
  - Iluminação Ambiente + Difusa
  - Outros Efeitos
  - Reflexão Especular
  - Múltiplas Fontes de Luzes
- **Modelos de Sombreamento para polígonos**
  - Sombreamento Constante
  - Sombreamento de Gouraud
  - Sombreamento de Phong
- **Bibliografia**

# Motivação

- Tornar as cenas mais realistas.
- Identificar objetos que refletem/absorvem mais ou menos luminosidade.



# Introdução

- Modelos de iluminação são técnicas utilizadas para calcular os componentes RGB dos pixels das superfícies dos objetos.
- Simulam o estado do objeto em relação à fonte de Luz.
- Diversos componentes de iluminação são considerados para definir a "cor" do pixel.

# Iluminação Ambiente

- É a iluminação uniforme das superfícies. Objetos serão +/- brilhosos de acordo com a intensidade de luz ambiente na cena.
- Assumindo que a luz ambiente atinja igualmente todas superfícies em todas direções, temos a seguinte equação para iluminação de um pixel:

$$- I = I_a \cdot K_a$$

$I_a$ , intensidade da iluminação ambiente (assumindo ser constante para todos objetos)

$K_a$ , coeficiente de reflexão ambiente, ( $0 < K_a < 1$ ), sendo este determinado pelas propriedades do material do objeto.

# Reflexão Difusa (Lambertiana)

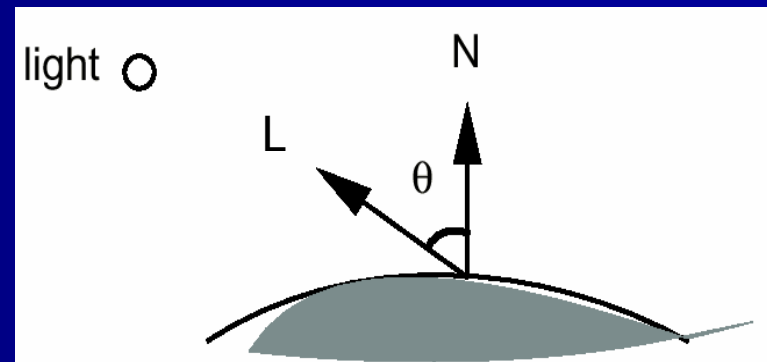
- O brilho dos objetos varia de uma parte para outra, dependendo da direção e distância da fonte de luz.
- Depende somente do ângulo entre a direção do vetor  $L$  para a fonte de luz e o vetor normal  $N$  da superfície.

$$I_{diffuse} = k_d I_p \cos \theta = k_d I_p (\vec{N} \cdot \vec{L})$$

$I_p$  = Intensidade da fonte de luz

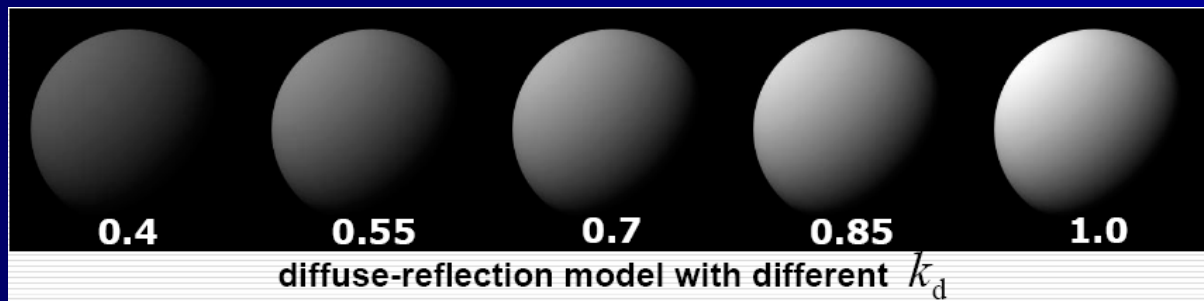
$k_d$  = Coeficiente reflexão difusa

$\theta$  =  $0^\circ - 90^\circ$

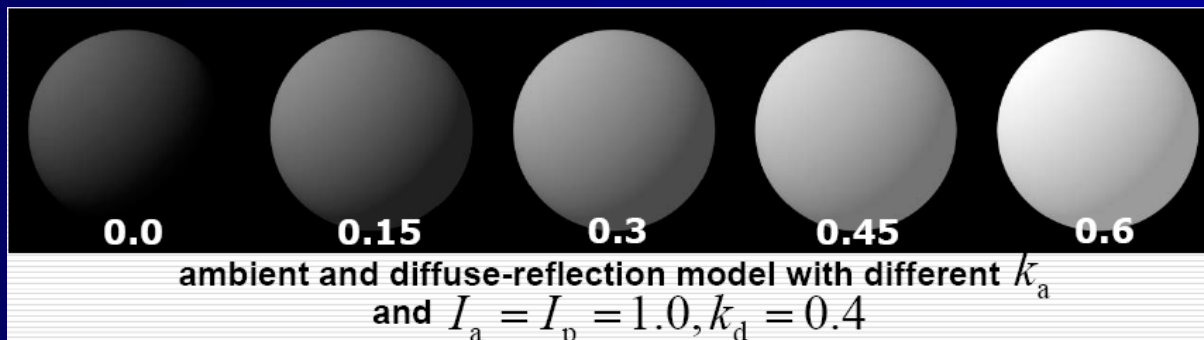


# Iluminação Ambiente + Reflexão Difusa

- Leva em consideração a reflexão múltipla de todos objetos da cena.



$$I = k_a I_a + k_d I_p (\vec{N} \cdot \vec{L})$$



# Outros Efeitos

## ■ Atenuação da Luz

- Intensidade da Luz varia de acordo com a distância ( $d$ ) entre a fonte de luz e a superfície

$$I = k_a I_a + f_{att} k_d I_p (\vec{N} \cdot \vec{L}) , \text{ com } f_{att} = \frac{1}{d^2}$$

## ■ Luzes coloridas e superfícies

- São geradas três equações (RGB) para representar a cor do componente. Levando em consideração a cor da luz e cor refletida pelo objeto. Por exemplo, o vermelho:

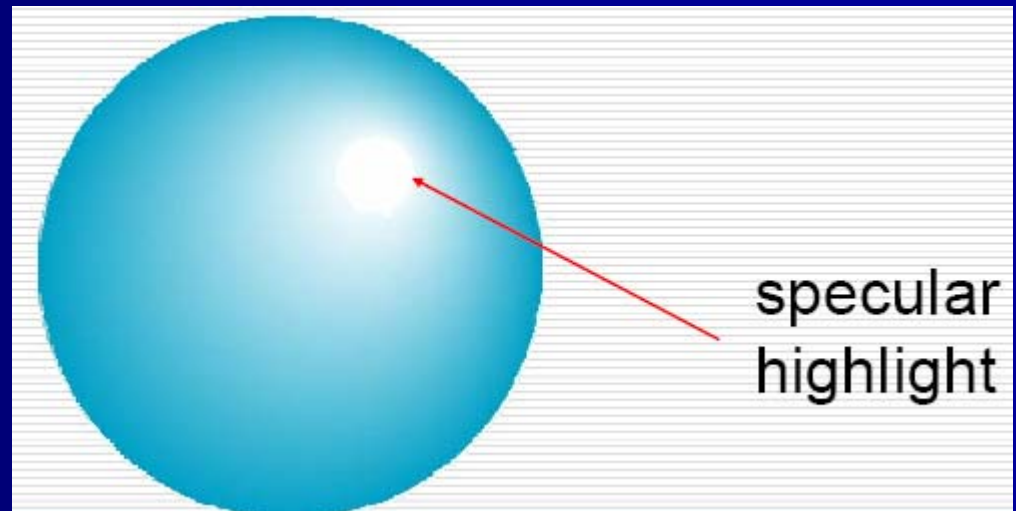
$$I = k_a I_{aR} O_{dR} + f_{att} k_d I_{pR} O_{dR} (\vec{N} \cdot \vec{L})$$

## ■ Atenuação Atmosférica

- Distância do observador-superfície produzem efeitos extras.

# Reflexão Especular

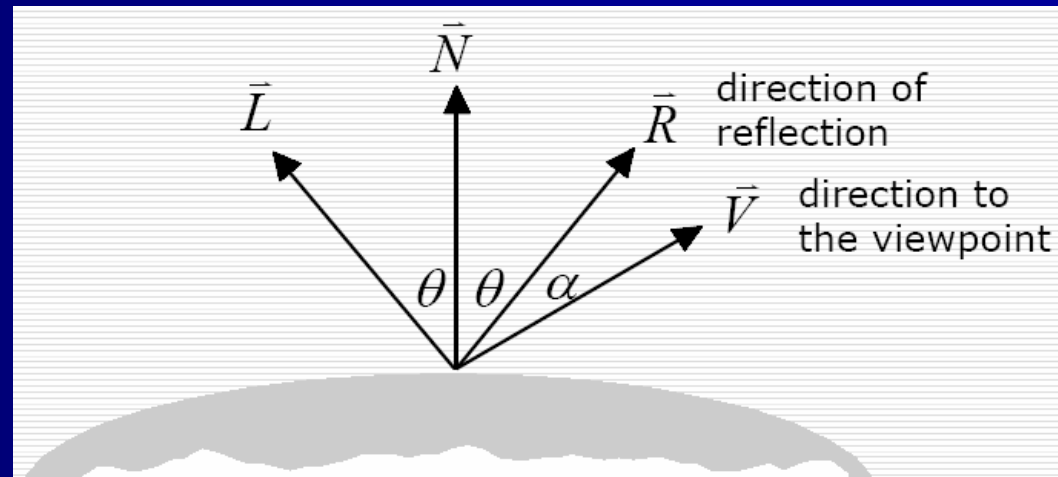
- A Reflexão especular traduz-se numa região mais clara, com brilho (highlight)
- Em materiais com superfícies pouco rugosas a luz é refletida em uma direção preferencial
- A intensidade de luz refletida é dependente do ângulo entre a direção de observação e a direção de reflexão especular



# Reflexão Especular (Cont.)

## Modelo de Iluminação Phong

- Possui os componentes de reflexão difusa, especular e iluminação ambiente
- Utiliza um vetor para fonte de luz ( $L$ ), o vetor normal da superfície ( $N$ ), o vetor de reflexão ( $R$ ) o qual é construído a partir do espelhamento de ( $L$ ) sobre ( $N$ ) e o vetor ( $V$ ) que indica o ponto de visualização da cena



# Reflexão Especular (Cont.)

## Modelo de Iluminação Phong

$$I_{\lambda} = I_{a\lambda} k_a O_{d\lambda} + f_{att} I_{p\lambda} \left[ k_d O_{d\lambda} (\vec{N} \cdot \vec{L}) + k_s (\vec{R} \cdot \vec{V})^n \right]$$

$k_s$  = Coeficiente de reflexão especular

$n$  = Expoente de reflexão especular (Varia de acordo com o material da superfície)

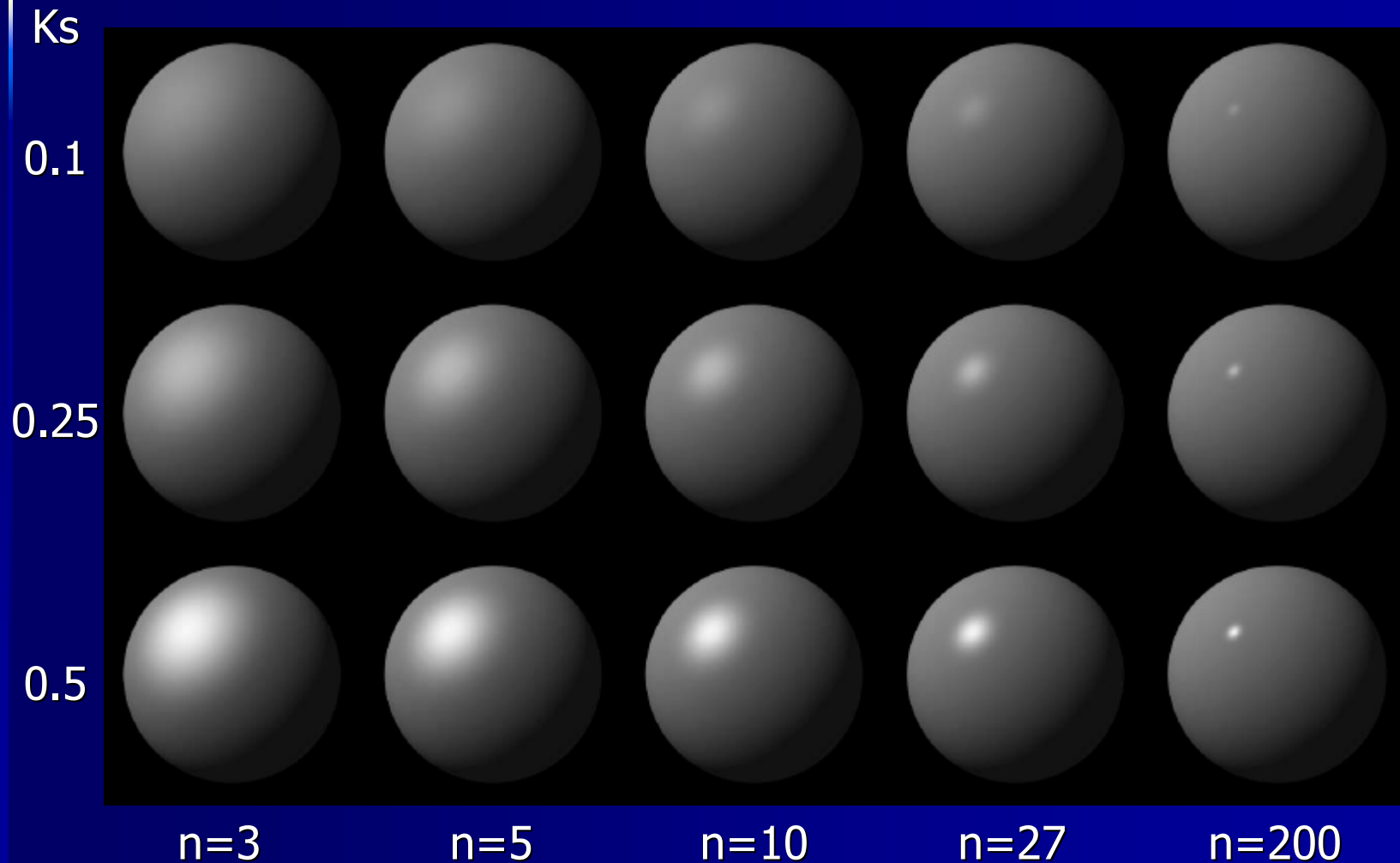
- Levando em consideração a composição dos materiais

$$I_{\lambda} = I_{a\lambda} k_a O_{d\lambda} + f_{att} I_{p\lambda} \left[ k_d O_{d\lambda} (\vec{N} \cdot \vec{L}) + k_s O_{s\lambda} (\vec{R} \cdot \vec{V})^n \right]$$

$O_{s\lambda}$  = Cor especular do objeto

# Reflexão Especular (Cont.)

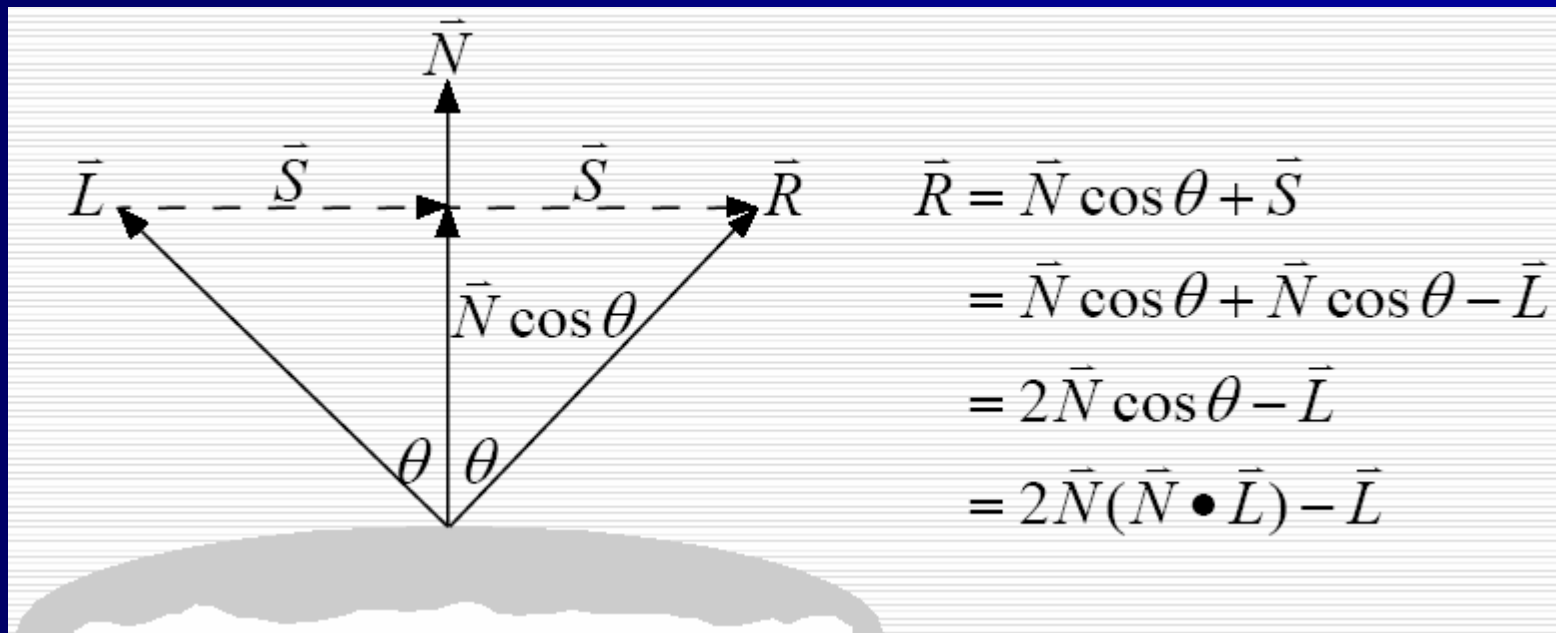
## Modelo de Iluminação Phong



# Reflexão Especular (Cont.)

## Cálculo do vetor de reflexão

- Sendo  $(\vec{N})$  e  $(\vec{L})$  vetores normalizados, a projeção de  $(\vec{L})$  sobre  $(\vec{N})$  é  $\vec{N} \cos \theta$

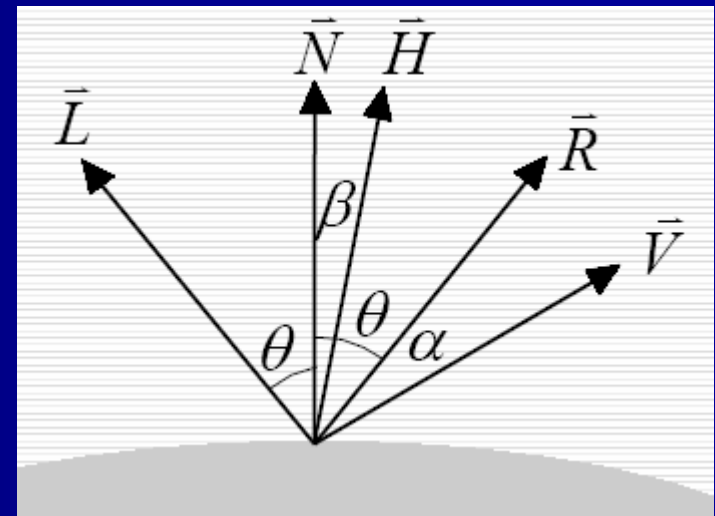


# Reflexão Especular (Cont.)

## Vetor Halfway

- Uma alternativa a modelo Phong
- Vetor (H) é localizado entre a direção da fonte de luz e o vetor do ponto de visualização
- Vetor (H) é conhecido como a direção do máximo highlight

$$\vec{H} = \frac{(\vec{L} + \vec{V})}{|\vec{L} + \vec{V}|}$$



# Múltiplas Fontes de Luzes

- Repete-se o cálculo para reflexão difusa e especular para cada fonte de luz
- O termo referente a luz ambiente contribui apenas uma vez

$$I_{\lambda} = I_{a\lambda} k_a O_{d\lambda} + \sum_{1 \leq i \leq m} f_{atti} I_{p\lambda i} \left[ k_d O_{d\lambda} (\vec{N} \cdot \vec{L}_i) + k_s O_{s\lambda} (\vec{R}_i \cdot \vec{V})^n \right]$$

# Modelos de Sombreamento para Polígonos

- Técnica para preenchimento de polígonos considerando um modelo de iluminação
- Métodos
  - Constante (flat ou faceted shading)
  - Gouraud (intensity interpolation shading ou color interpolation shading)
  - Phong (normal-vector interpolation shading)

# Sombreamento Constante

- Usado para exibir objetos construídos por faces com maior velocidade
- Considera constante o vetor normal da face e vetor de incidência de luz
- Avalia o modelo de reflexão uma única vez por face
- Calcula a cor de um ponto e a utiliza para o preenchimento de toda face



# Sombreamento de Gouraud

- Busca eliminar a descontinuidade entre as faces de objetos com superfícies curvas
- É calculado um vetor normal para cada vértice, que é obtido pela média dos vetores normais das faces que compartilham este vértice
- A cor é calculada p/ cada vértice, sendo os pontos internos da face calculados por interpolação
- Possui um problema:
  - Brilho Especular são atenuados



# Sombreamento de Phong

- Busca obter suavidade na exibição de objetos com superfícies curvas
- Mantém o brilho Especular, ao contrário de Gouraud
- É calculado um vetor normal para cada vértice, que é obtido pela média dos vetores normais das faces que compartilham este vértice
- Este vetor é interpolado ao longo das arestas
- Iluminação Computada por pixel
- Possui um problema:
  - Gera curvas em objetos que não possuem



# Bibliografia

- Foley et.al. *Introduction to Computer Graphics*  
[S.I.] Addison-Wesley Publishing Company, May 1997.  
558 p.