

IA725 Computação Gráfica I

1º semestre de 2006

Profª. Wu, Shin-Ting
ting@dca.fee.unicamp.br
Bloco A – sala 317

Prof. José Mario De Martino
martino@dca.fee.unicamp.br
Bloco A – sala 317-A

Agenda

Aula	Dia	Tema	Projeto
17	09/05/06	Cor	
18	12/05/06	Cor	
19	16/05/06	Iluminação	
20	19/05/06	Iluminação	
21	23/05/06	Iluminação	
22	26/05/06	Textura	
23	30/05/06	Textura	Versão 0.2
24	02/06/06	Rasterização	
25	06/06/06	Rasterização	
26	09/06/06	Recorte	
27	13/06/06	Recorte	
-	16/06/06		
28	20/06/06	Visibilidade	
29	23/06/06	Visibilidae	
30	27/06/06	Prova	Versão 0.3
	30/junho		Versão Final

Modelos de Iluminação e Tonalização

- Referências

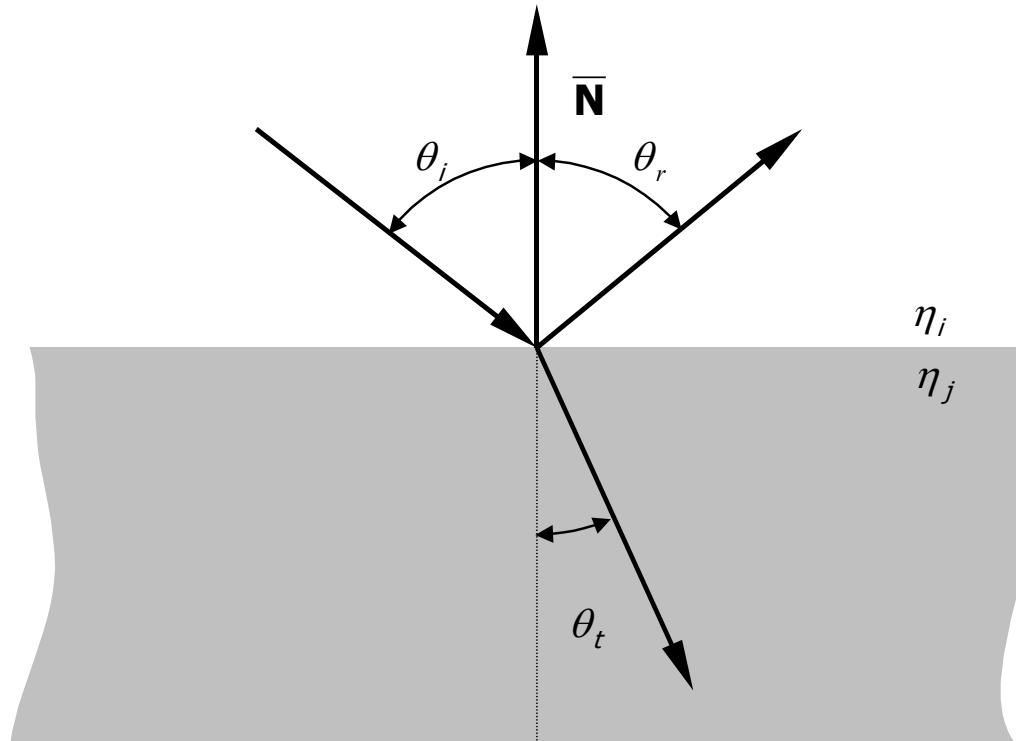
- Computer Graphics Principles and Practice (2nd Edition)
- J. D. Foley, A. van Dam, S. K. Feiner, J. F. Hughes
- Addison-Wesley – 1990
- Procedural Elements for Computer Graphics
- D. F. Rogers
- McGraw-Hill – 1988
- Illumination and Color in Computer Generated Imagery
- R. Hall
- Springer-Verlag – 1989
- An Introduction to Ray Tracing
- Andrew S. Glassner (ed.)
- Academic Press – 1990
- Principles of Digital Image Synthesis – Vol. 2
- Andrew S. Glassner
- Morgan Kauffman – 1995

Situações de interesse da Computação Gráfica

- Comportamento da luz ao atingir a fronteira entre dois meios:
 - reflexão
 - refração/transmissão
- Comportamento da luz ao se propagar em um meio:
 - absorção
 - espalhamento

Fronteira entre meios

- Leis da Reflexão e Refração



Leis da Reflexão e Refração

- O raio refletido e o raio transmitido (refratado) estão no mesmo plano que o raio incidente e a normal da superfície
- O raio refletido faz um mesmo ângulo com a normal da superfície que o raio incidente, ou seja

$$\theta_i = \theta_r$$

θ_i – ângulo do raio incidente com a normal da superfície

θ_r – ângulo do raio refletido com a normal da superfície

- Relação entre o raio transmitido (refratado) e o raio incidente satisfaz (lei de Snell):

$$n_i \sin(\theta_i) = n_t \sin(\theta_t)$$

n_i – índice de refração absoluto do meio i (incidente)

n_t – índice de refração absoluto do meio t (transmitido)

θ_i – ângulo do raio incidente com a normal da superfície

θ_t – ângulo do raio transmitido com a normal da superfície

Leis da Reflexão e Refração

- Índice de Refração Absoluto de um meio: razão entre a velocidade de propagação da luz no vácuo e a velocidade na luz no meio.

$$n = \frac{c}{v}$$

n – índice de refração

c – velocidade da luz no vácuo

v – velocidade da luz no meio

- Índice de Refração Relativo entre dois meios: razão entre as velocidades de propagação da luz em um meio e no outro.

$$n_{21} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}$$

n_{21} – índice de refração relativo do meio 2 ao meio 1

n_i – índice de refração absoluto do i

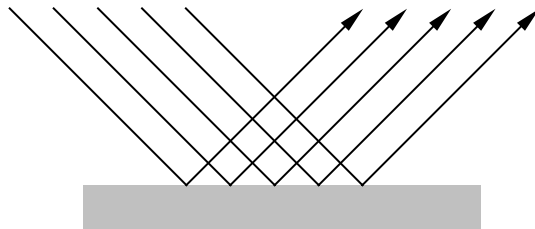
v_i – velocidade da luz no meio i

Leis da Reflexão e Refração

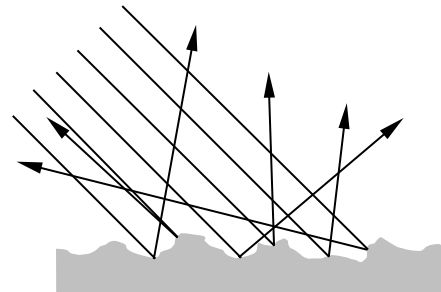
- O índice de refração é uma medida da densidade óptica do meio.

Reflexão

- Lei da Reflexão é válida para superfície polida (espelho). O comportamento é denominado de reflexão especular (derivada de *speculum* – espelho)
- Em uma superfície irregular, entretanto, podemos ter reflexão com espalhamento (não-especular)



Reflexão Especular



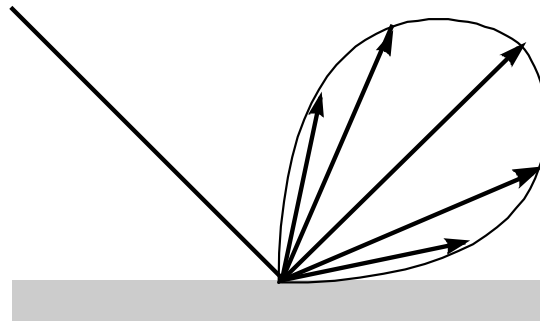
Reflexão com Espalhamento

Reflexão

- A reflexão com espalhamento pode ainda ser classificada em:
 - Reflexão com espalhamento direcional
 - Reflexão difusa

Reflexão

- A Reflexão com Espalhamento Direcional
 - O raio incidente é refletido com espalhamento em torno da direção especular de reflexão

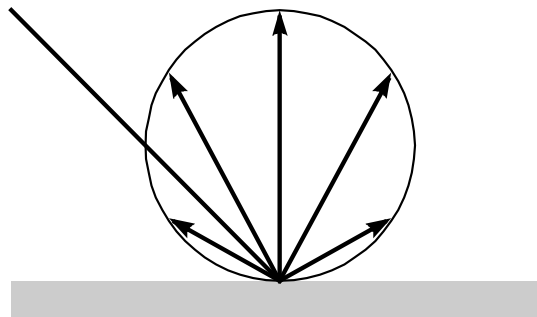


Reflexão com
Espalhamento Direcional

Reflexão

- Reflexão Difusa

- o raio refletido é espalhado em todas as direções de tal sorte que a superfície apresenta a mesma sensação de luminosidade em todas as direções. A aparência da superfície independe da posição do observador (superfície difusa ideal). Um exemplo típico de superfície difusa que pode ser considerada como ideal é placa plana de gesso.

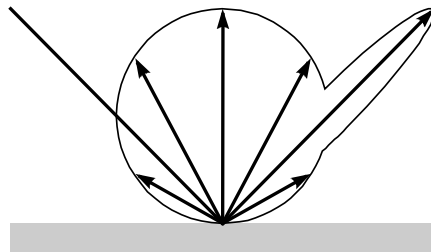


Reflexão Difusa

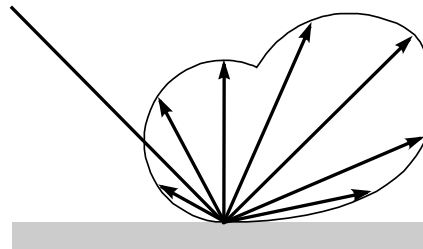
Reflexão

- Uma superfície pode apresentar uma combinação dos três tipos de reflexão (especular, com espalhamento direcional e difusa)

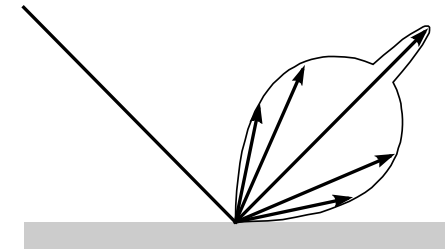
- Exemplos:



Reflexão Difusa e Especular



Reflexão Difusa e com
Espalhamento Direcional



Reflexão Especular e
com Espalhamento Direcional

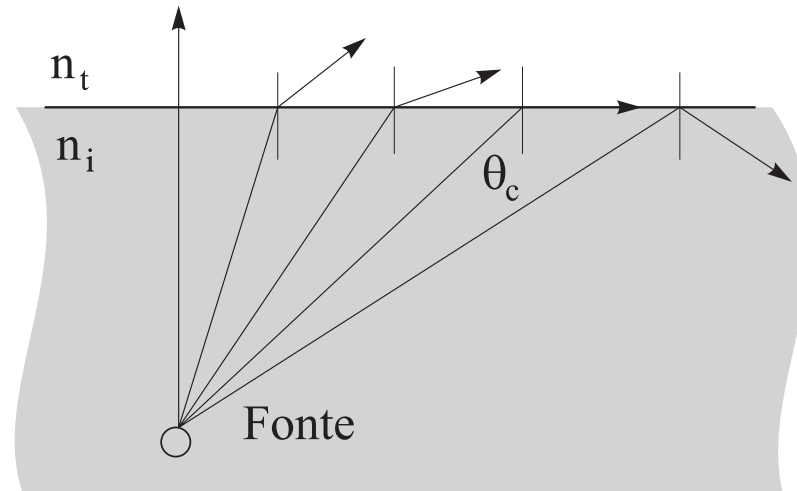
Refração

- Toda vez que um raio passa de meio para outro com índice de refração diferentes, a luz tem a sua velocidade alterada. Exceto quando a luz incide com um ângulo normal com a superfície, a variação da velocidade é acompanhada de um desvio da luz da trajetória original. Este desvio é dependente das densidade relativas entre os dois meios, do comprimento de onda e do ângulo de incidência, como expresso pela lei de Snell.

Refração

- Na passagem da luz de um meio mais denso para um meio menos denso, por exemplo vidro e ar, pode ocorrer o fenômeno da reflexão total. A reflexão total ocorre quando o ângulo de incidência θ_i for tal que:

$$\text{sen}(\theta_i) = \frac{n_t}{n_i}$$



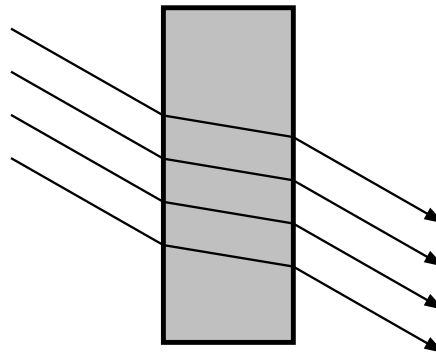
A propagação da luz em um meio

- Caracterização dos meios:
 - Transparente
 - Translúcido
 - Opaco

A propagação da luz em um meio

- Meio Transparente

- Um meio é dito transparente se a luz consegue, sem absorção significativa, atravessar toda a sua extensão. Nos meios transparentes, um raio de luz se propaga de forma regular e bem definida sem sofrer mudanças bruscas em sua trajetória. O ar e uma fina lâmina de vidro comum podem ser considerados transparentes.

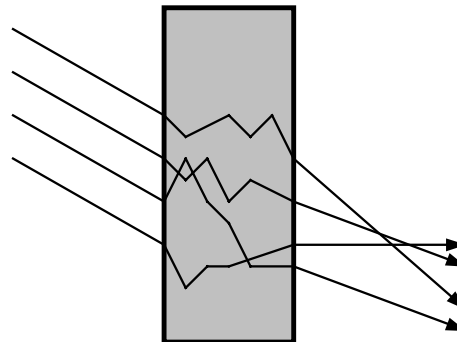


Transparente

A propagação da luz em um meio

- Meios Translúcidos

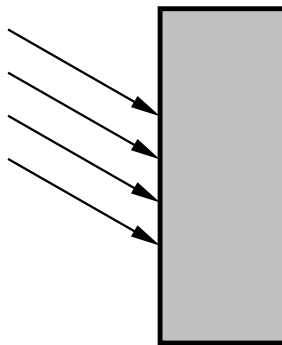
- Um meio é dito translúcido quando a luz se propaga através deste sem absorção significativa, porém, diferentemente dos meios transparentes, em trajetórias aleatoriamente irregulares. Este comportamento irregular pode derivar da característica heterogênea do meio ou de irregularidades de sua superfície.. Névoa, tinta branca, espuma de cerveja, são exemplos de meios translúcidos devido à heterogeneidade do meio.



Translúcidos

A propagação da luz em um meio

- Meios Opacos
 - Opacos são os meios através dos quais a luz praticamente não se propaga, sendo fortemente absorvida.



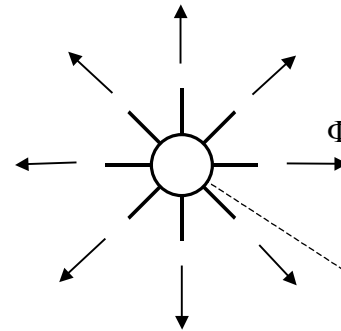
Opaco

Fontes de Luz da Computação Gráfica

- Tipos de fontes de luz
 - Pontual
 - Direcional
 - Spot
 - Área (não trataremos)

Fonte de Luz Pontual

- Irradia energia luminosa uniformemente em todas as direções a partir de um ponto.
- Parâmetros
 - Posição
 - Intensidade



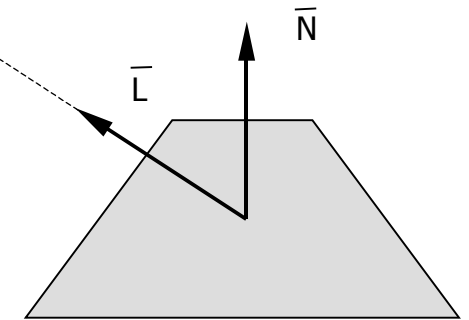
$$\bar{L} = \frac{\bar{P}_l - \bar{P}_s}{|\bar{P}_l - \bar{P}_s|}$$

Onde :

$\bar{P}_l$ - vetor posição da fonte de luz

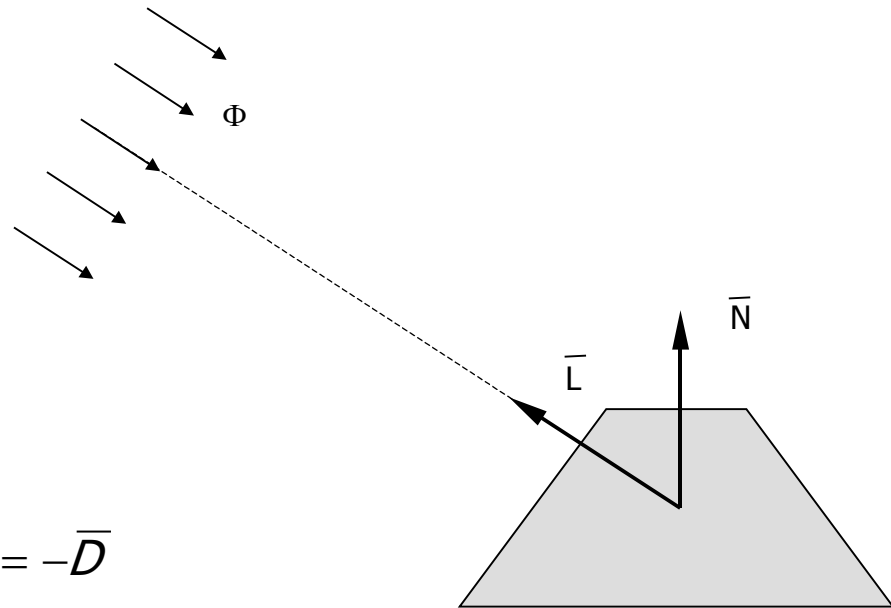
$\bar{P}_s$ - vetor posição de ponto em uma superfície

$\bar{L}$ - vetor direção (de um ponto de uma superfície) para a fonte de luz



Fonte de Direcional

- Irradia energia luminosa em uma direção (fonte pontual suficientemente distante para ser considerada no infinito).
- Parâmetros
 - Direção
 - Intensidade



$$\bar{L} = -\bar{D}$$

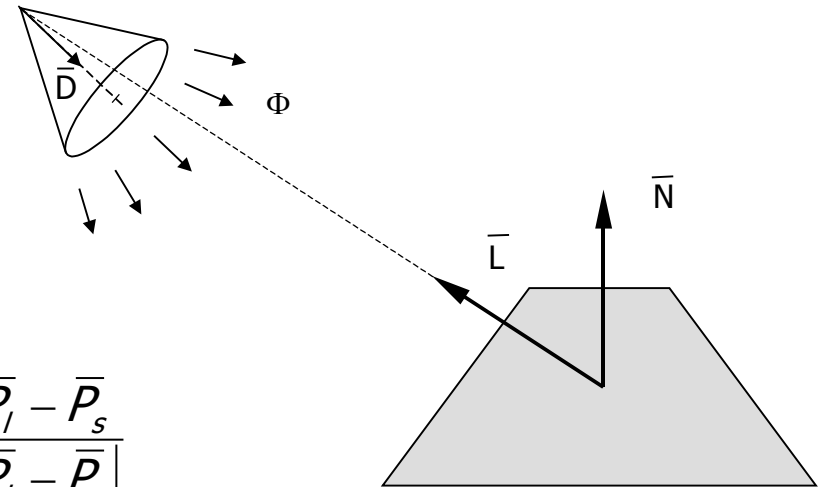
Onde :

$\bar{D}$ - vetor direção da fonte de luz

$\bar{L}$ - vetor direção para a fonte de luz

Spot

- Fonte cuja direção de radiação está limitada a um cone. A potência irradiada depende da direção.
- Parâmetros
 - Posição
 - Direção
 - Cut-off
 - Fall-off – função de decaimento
 - Intensidade



$$\vec{L} = \frac{\vec{P}_l - \vec{P}_s}{|\vec{P}_l - \vec{P}_s|}$$

Onde :

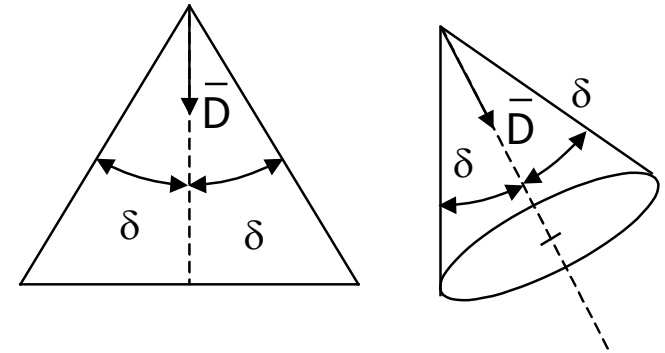
$\vec{P}_l$ - vetor posição da fonte de luz

$\vec{P}_s$ - vetor posição de ponto em uma superfície

$\vec{L}$ - vetor direção para a fonte de luz

Spot

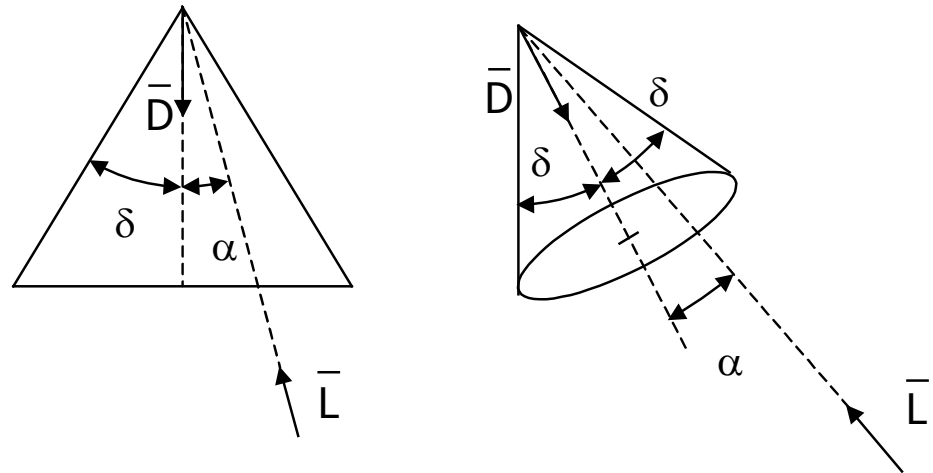
- Cut-off
 - Ângulo que define os limites do cone de iluminação
 - Só irradia em direção com ângulo $\leq \delta$



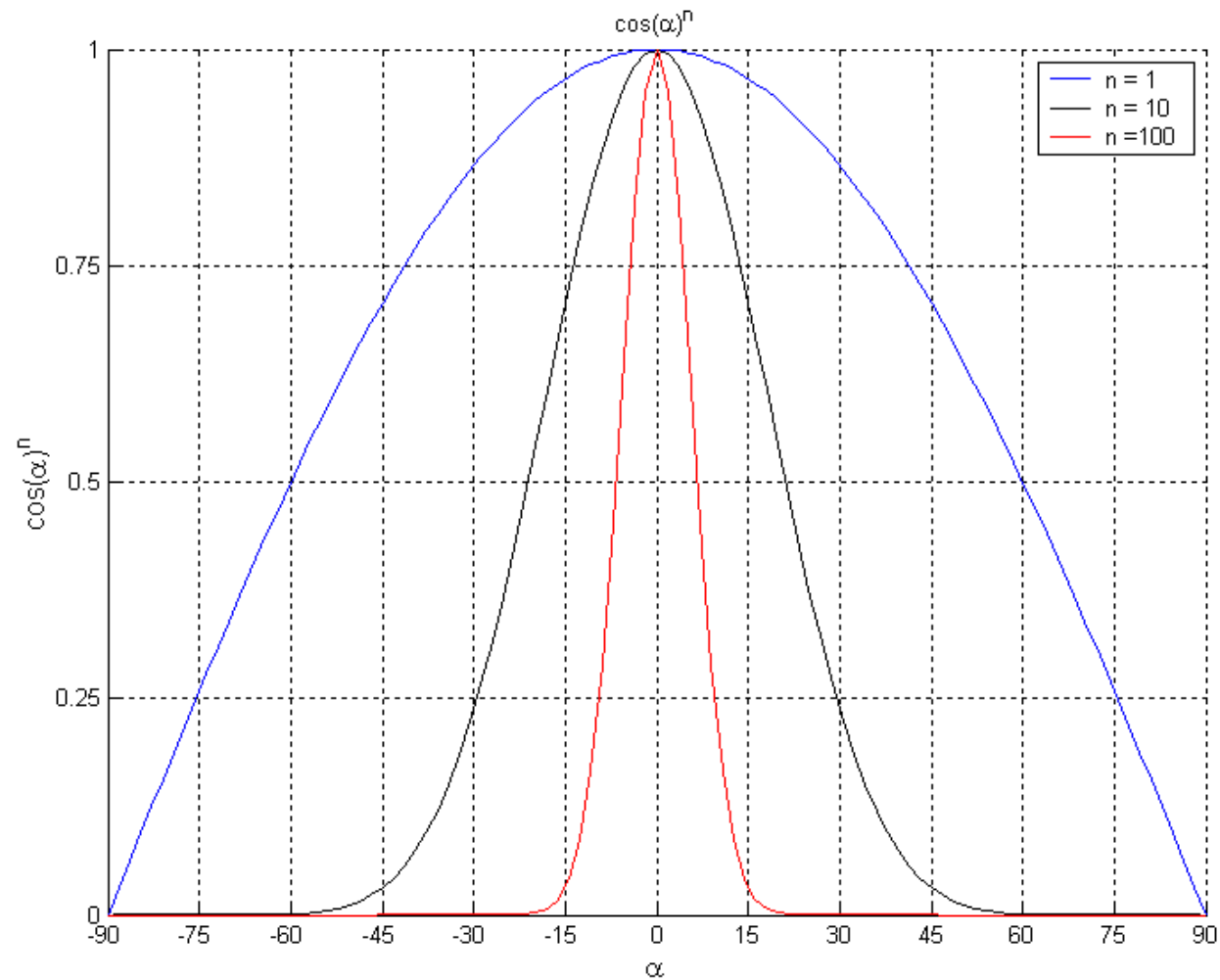
- Fall-off

- $\cos(\alpha)^n$

$$\cos \alpha = -\bar{D} \bullet \bar{L}$$



Spot Fall-off



Modelos de iluminação e tonalização

- Modelos de iluminação (illumination model)
 - Modelo matemático (expressão matemática) que especifica a cor de uma superfície em um determinado ponto.
- Modelos de tonalização (shading model)
 - Define o procedimento para atribuição das cores aos *pixels* da imagem, especificando quando o modelo de iluminação é aplicado. Por exemplo, alguns modelos de tonalização aplicam um modelo de iluminação para cada *pixel* da imagem, enquanto outros aplicam o modelo de iluminação em determinados *pixels* e calcula os *pixels* intermediários por interpolação.

Modelos de iluminação e tonalização

- Classificação consoante as fundações teóricas dos modelos
 - Modelos empíricos: primeiros modelos aproximações da realidade, (início dos anos 70).
 - Modelos transicionais: mais fortemente apoiado em conceitos da física (início dos anos 80).
 - Modelos analíticos: fortemente baseado conceitos da física e em equilíbrio de energia (meados dos anos 80).
- Diferentes compromissos velocidade X precisão
- Diferentes compromissos velocidade X efeitos contemplados

Modelos de iluminação empíricos

- Modelos amplamente utilizados

$$I(\lambda) = \underset{\substack{\nearrow \\ \text{Componente Ambiente}}}{k_a(\lambda) I_a(\lambda)} + \underset{\substack{\nearrow \\ \text{Componente Difusa} \\ \text{Lambert}}}{k_d(\lambda) \sum_{i=1}^l (\bar{N} \cdot \bar{L}_i) I_i(\lambda)} + \underset{\substack{\nearrow \\ \text{Componente Especular} \\ \text{Phong}}}{k_s(\lambda) \sum_{i=1}^l (\bar{R}_i \cdot \bar{V})^n I_i(\lambda)}$$

$$I(\lambda) = \underset{\substack{\nearrow \\ \text{Componente Ambiente}}}{k_a(\lambda) I_a(\lambda)} + \underset{\substack{\nearrow \\ \text{Componente Difusa} \\ \text{Lambert}}}{k_d(\lambda) \sum_{i=1}^l (\bar{N} \cdot \bar{L}_i) I_i(\lambda)} + \underset{\substack{\nearrow \\ \text{Componente Especular} \\ \text{Blinn}}}{k_s(\lambda) \sum_{i=1}^l (\bar{N} \cdot \bar{H}_i)^n I_i(\lambda)}$$

Modelos de iluminação empíricos

- Modelos amplamente utilizados

$$I(\lambda) = \underset{\substack{\nearrow \\ \text{Componente Ambiente}}}{k_a(\lambda) I_a(\lambda)} + \underset{\substack{\nearrow \\ \text{Componente Difusa} \\ \text{Lambert}}}{k_d(\lambda) \sum_{i=1}^l (\bar{N} \cdot \bar{L}_i) I_i(\lambda)} + \underset{\substack{\nearrow \\ \text{Componente Especular} \\ \text{Phong}}}{k_s(\lambda) \sum_{i=1}^l (\bar{R}_i \cdot \bar{V})^n I_i(\lambda)}$$

$$I(\lambda) = \underset{\substack{\nearrow \\ \text{Componente Ambiente}}}{k_a(\lambda) I_a(\lambda)} + \underset{\substack{\nearrow \\ \text{Componente Difusa} \\ \text{Lambert}}}{k_d(\lambda) \sum_{i=1}^l (\bar{N} \cdot \bar{L}_i) I_i(\lambda)} + \underset{\substack{\nearrow \\ \text{Componente Especular} \\ \text{Blinn}}}{k_s(\lambda) \sum_{i=1}^l (\bar{N} \cdot \bar{H}_i)^n I_i(\lambda)}$$

Modelos de iluminação empíricos

- Ambiente

- Luz Ambiente: Intensidade luminosa constante não direcional que existe em todo o ambiente. Procura contemplar a luz difusa que existe em um ambiente devido à reflexões múltiplas.

$$I(\lambda) = k_a(\lambda) I_a(\lambda)$$

Onde :

$k_a(\lambda)$ – refletividade da superfície em relação à luz ambiente

$I_a(\lambda)$ – luz ambiente

$I(\lambda)$ - intensidade/cor da superfície

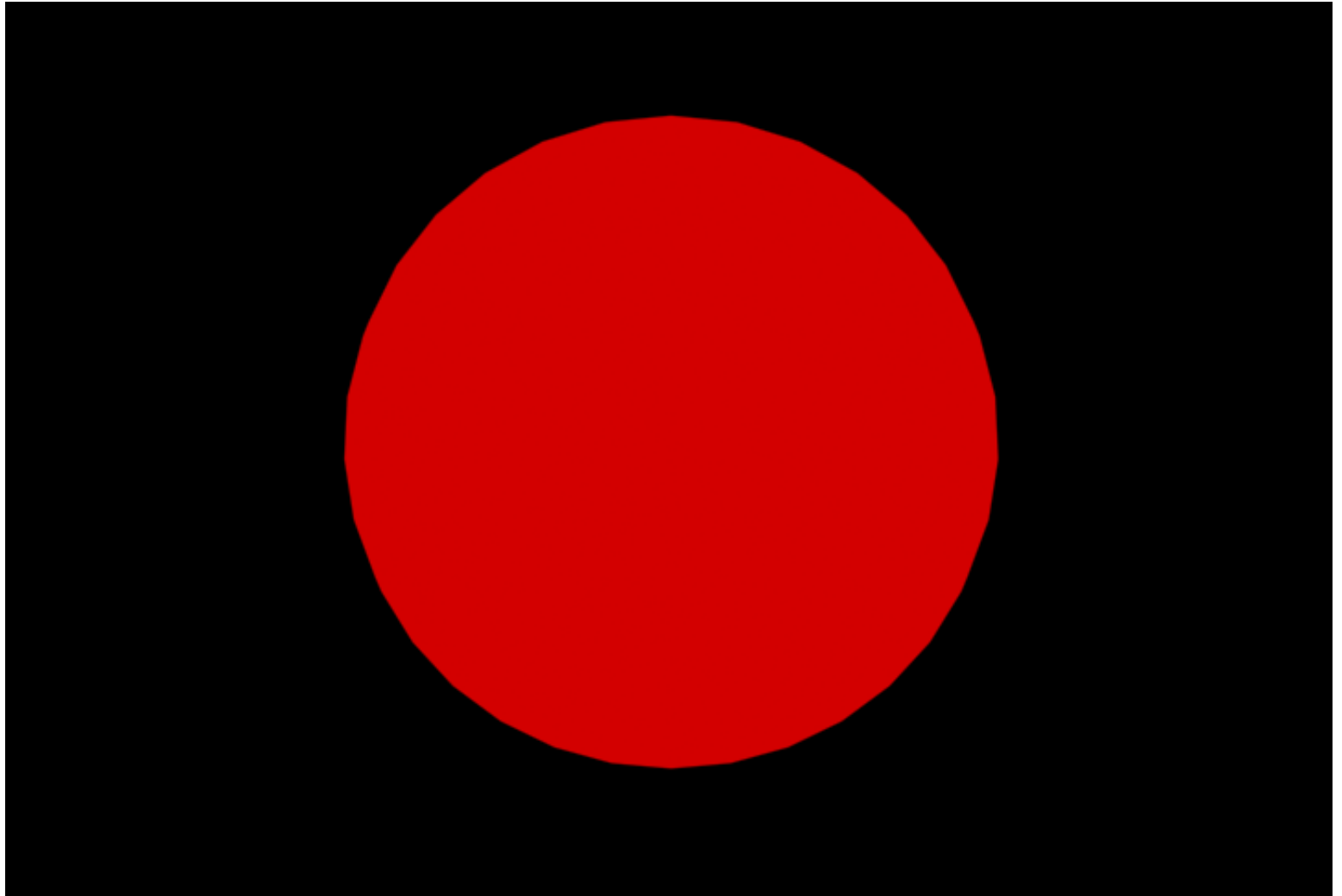
- Exemplo:

$$I_a(\lambda) = (1, 1, 1) \quad (R, G, B)$$

$$K_a(\lambda) = (1, 0, 0)$$

$$I(\lambda) = (1, 0, 0)$$

Componente Ambiente



Modelos de iluminação empíricos

- Componente Difusa

$$I(\lambda) = k_d(\lambda) I_l(\lambda) (\bar{N} \cdot \bar{L}_l)$$

onde :

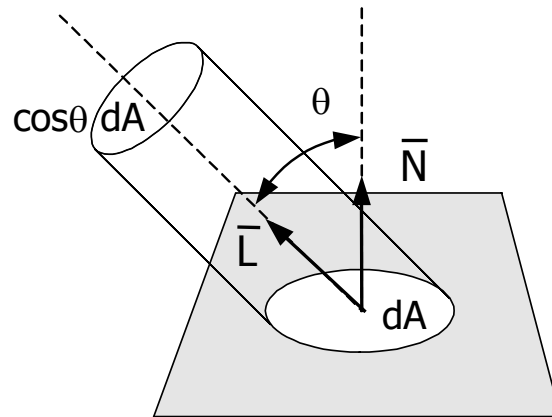
$k_d(\lambda)$ – coeficiente de reflexão difusa da superfície

$I_l(\lambda)$ – intensidade da fonte de luz l

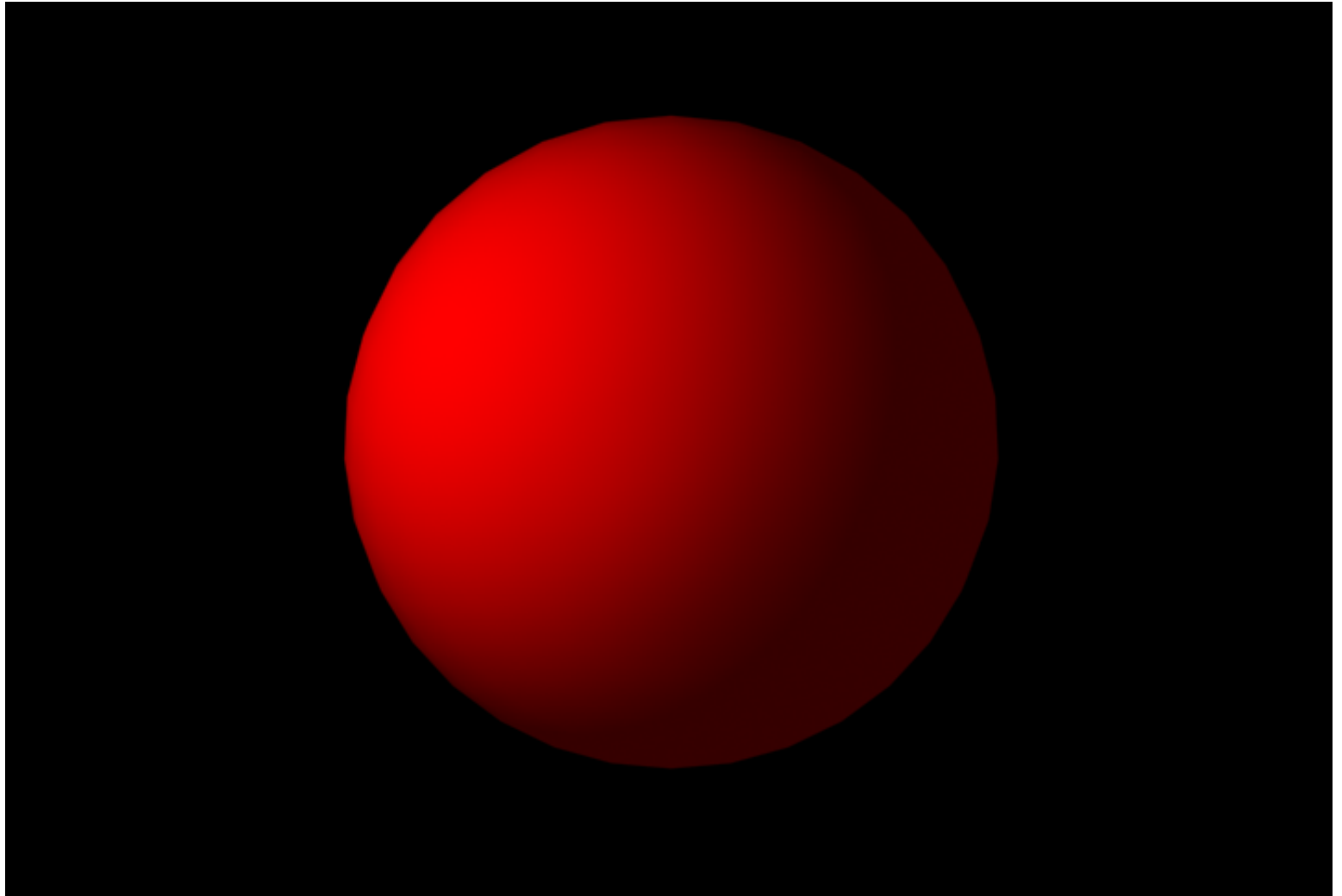
$\bar{N}$ – vetor normal da superfície

$\bar{L}_l$ – vetor em direção à fonte de luz l

$I(\lambda)$ – intensidade/cor da componente difusa

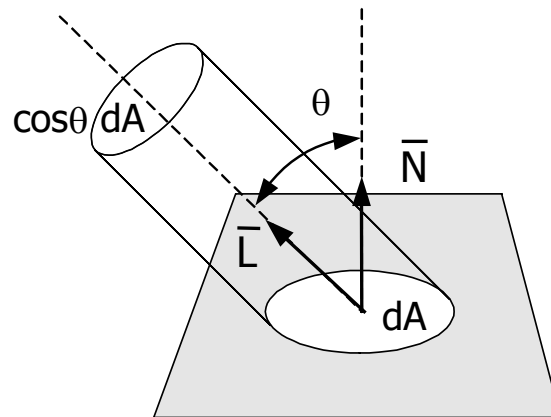


Componente Difusa



Componente Difusa

- Fluxo radiante recebido pela superfície é proporcional a $(\bar{N} \cdot \bar{L})$

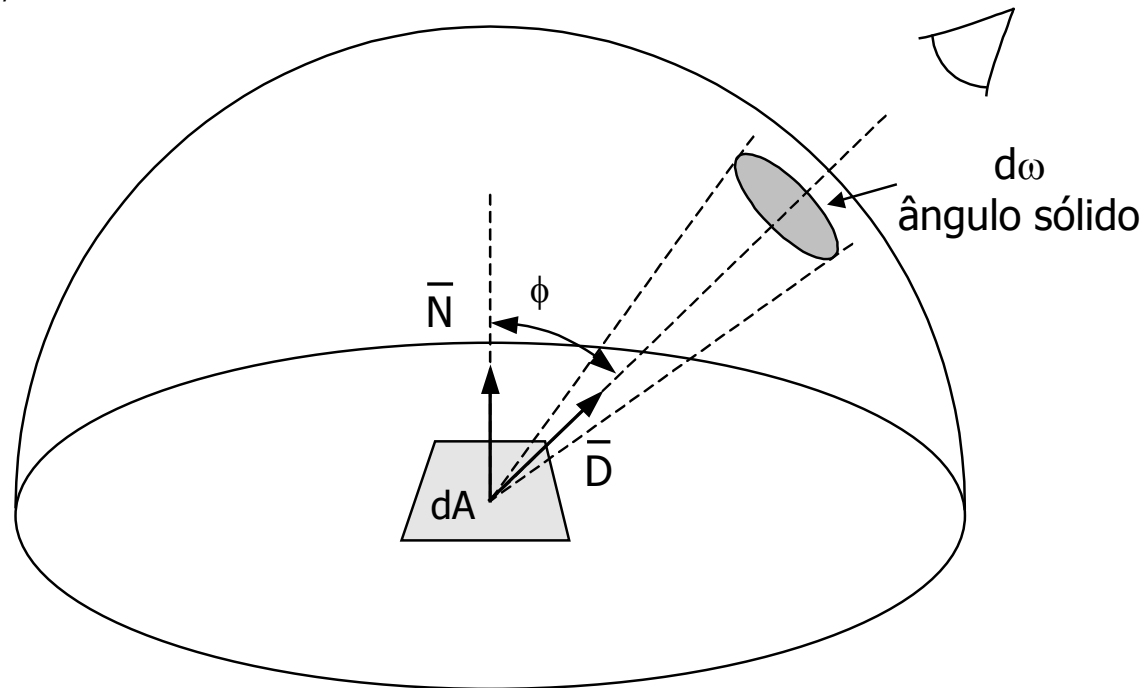


- O modelo estabelece, portanto, que a luminosidade do objeto depende apenas da luz incidente e de sua posição relativa à normal da superfície.
- Observar que a luminosidade da superfície não depende da posição do observador (superfície difusa ideal ou superfície de Lambert).

Componente Difusa

- Uma superfície difusa ideal apresenta radiância constante em qualquer direção.
- Radiância de um elemento de área em um dada direção é dada por:

$$L = \frac{d^2\Phi}{\cos \phi \, dA \, d\omega}$$

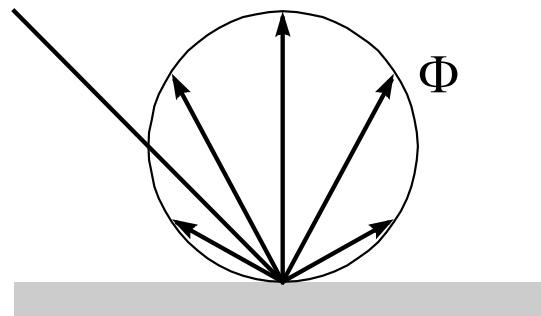


Componente Difusa

- Radiância constante implica que o fluxo em uma dada direção é proporcional a $\cos \phi$, onde ϕ é ângulo entre a normal do elemento de área e a direção considerada.

$$L_0 = \frac{d^2\Phi_0}{dA d\omega} \quad L_\theta = \frac{d^2\Phi_\theta}{\cos \phi dA d\omega}$$

$$L_0 = L_\theta \quad \Rightarrow \quad d\Phi_\theta = \cos \phi d\Phi_0$$



Reflexão Difusa

Modelos de iluminação empíricos

- Componente Especular Phong

$$I(\lambda) = k_s(\lambda) I_l(\lambda) (\bar{R}_l \cdot \bar{V})^n$$

onde :

$k_s(\lambda)$ – coeficiente de reflexão especular

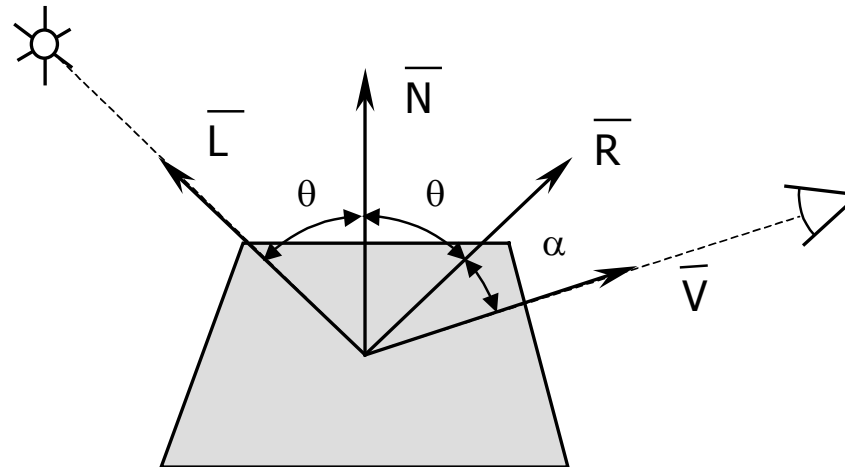
$I_l(\lambda)$ – intensidade da fonte de luz l

$\bar{R}_l$ – vetor em direção especular da fonte de luz l

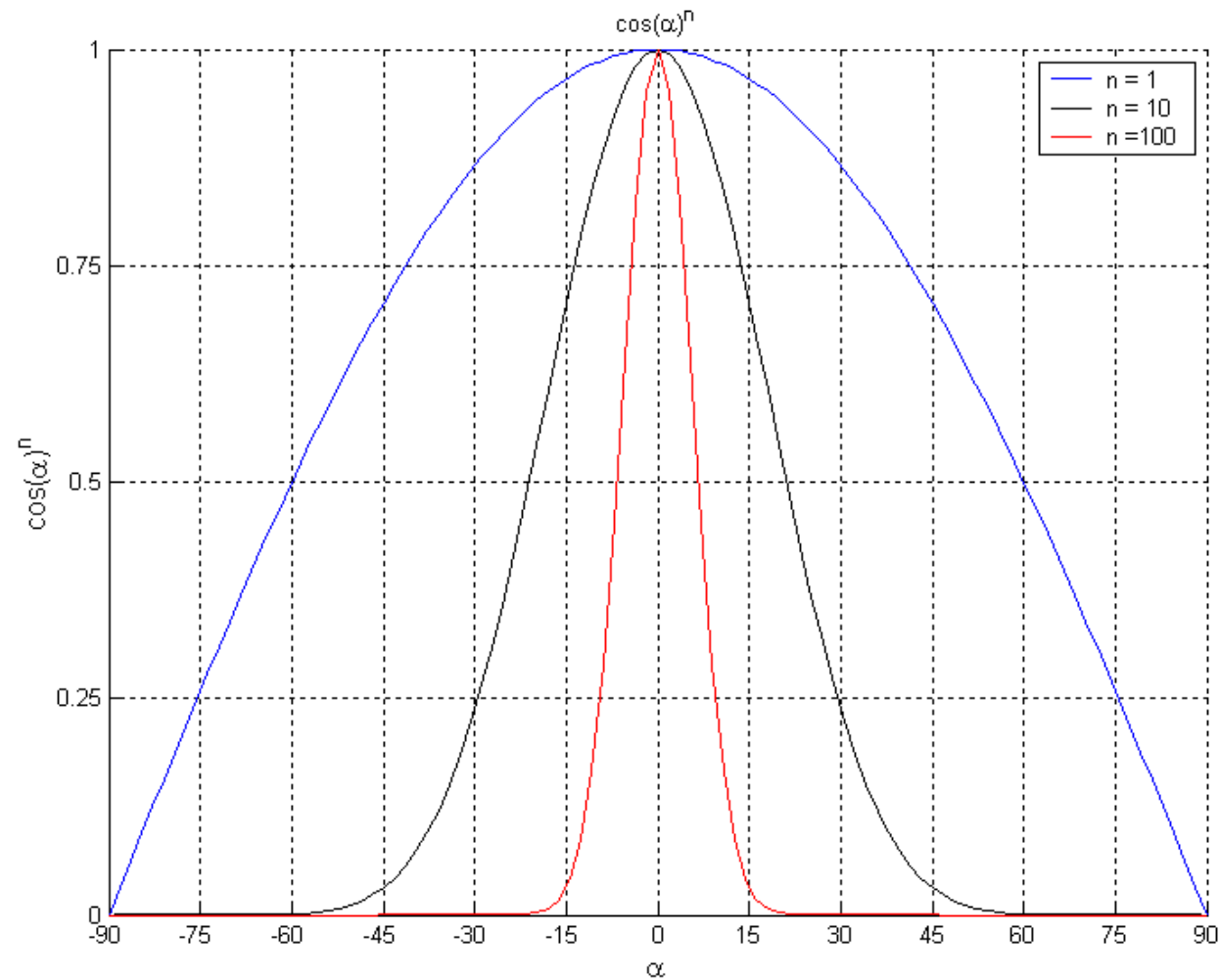
$\bar{V}$ – vetor em direção ao observador/câmera sintética

n – expoente de reflexão especular (rugosidade/polimento)

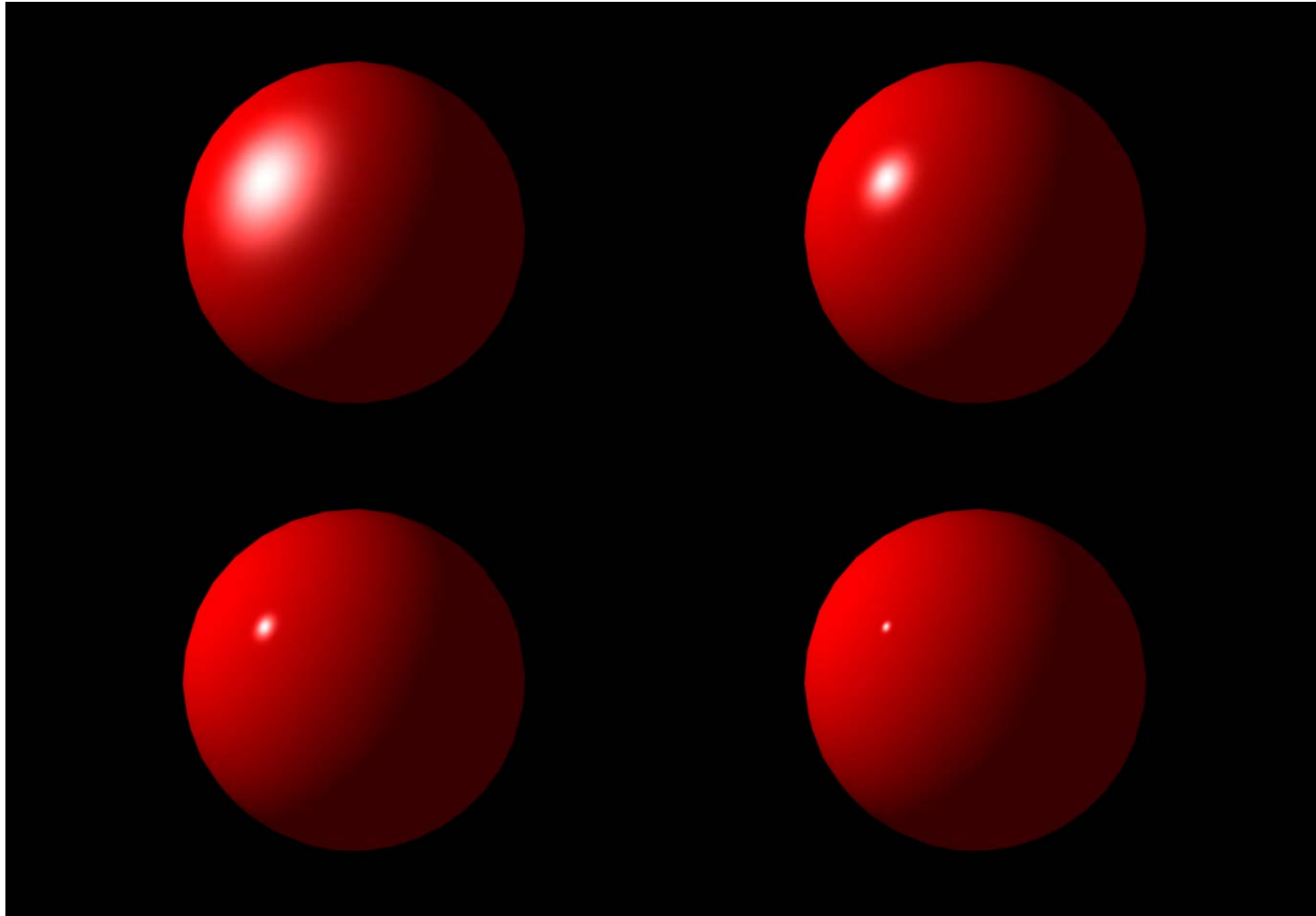
$I(\lambda)$ – intensidade/cor devido à componente especular



Componente Especular



Componente Especular Phong



Ambiente + Difusa + Phong (fonte de luz pontual)

Modelos de iluminação empíricos

- Componente Especular Blinn

$$I(\lambda) = k_s(\lambda) I_l(\lambda) (\bar{N} \cdot \bar{H})^n$$

onde :

$k_s(\lambda)$ – coeficiente de reflexão especular

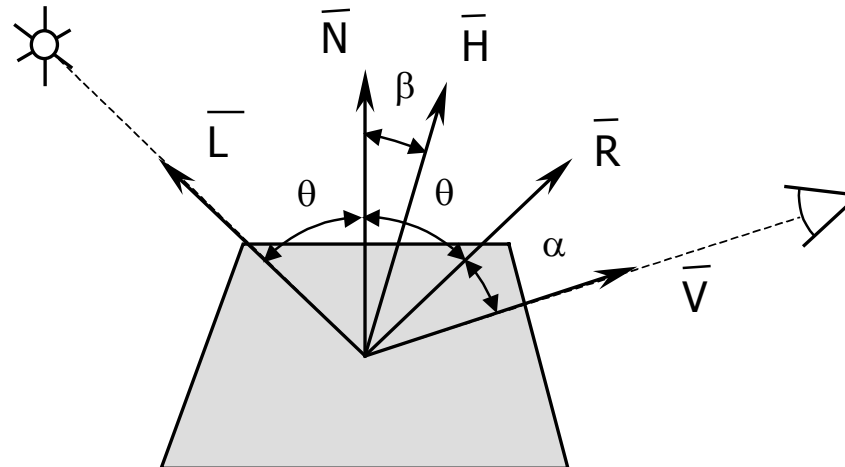
$I_l(\lambda)$ – intensidade da fonte de luz l

$\bar{N}$ – vetor normal à superfície

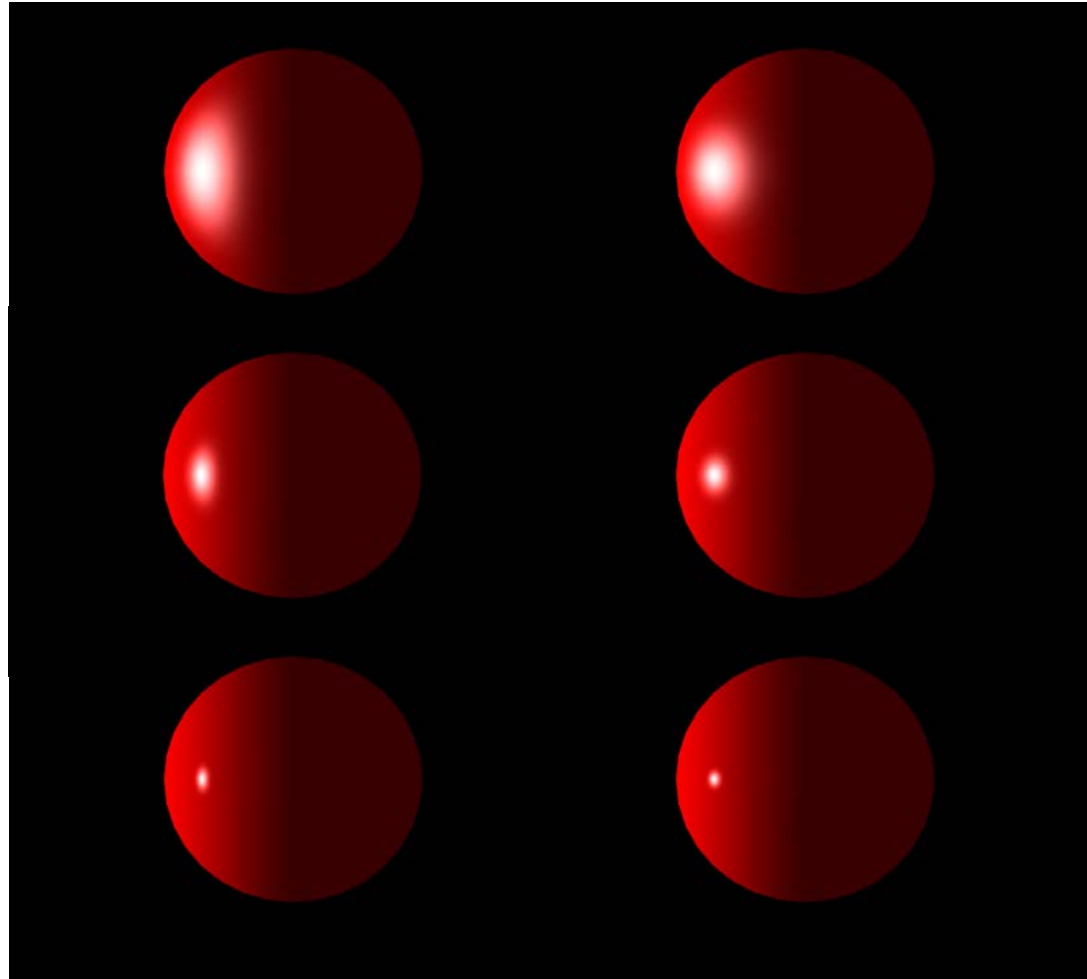
$\bar{H}$ – vetor bissetriz da direção da fonte de luz l e o observador $\left(\bar{H} = \frac{\bar{L} + \bar{V}}{|\bar{L} + \bar{V}|} \right)$

n – expoente de reflexão especular (rugosidade/polimento)

$I(\lambda)$ – intensidade/cor devido à componente especular



Modelos de iluminação empíricos



Phong

Blinn

(luz direcional)

Modelos de iluminação empíricos

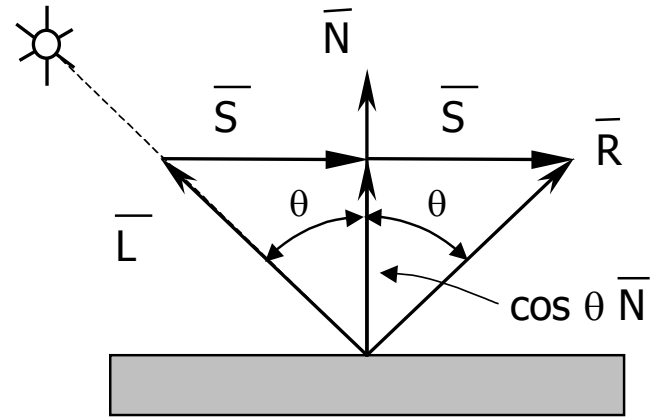
- Cálculo de $\bar{R}$

$$\bar{R} = \cos \theta \bar{N} + \bar{S}$$

$$\bar{S} = \cos \theta \bar{N} - \bar{L}$$

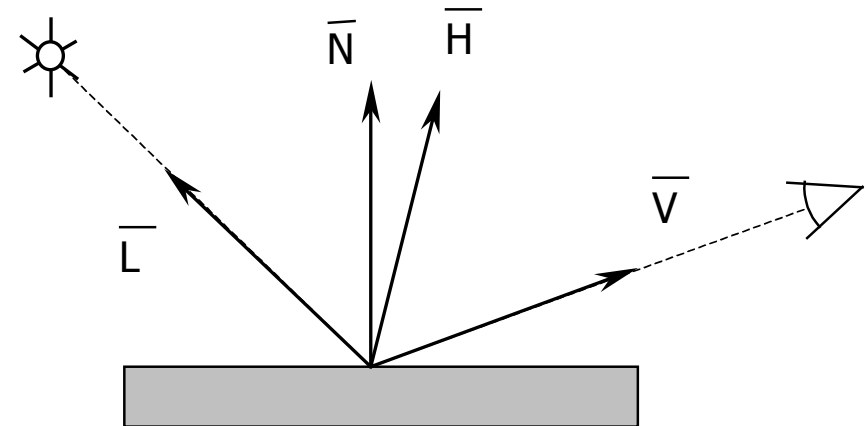
$\therefore$

$$\bar{R} = 2\bar{N}(\bar{N} \cdot \bar{L}) - \bar{L}$$



- Cálculo de $\bar{H}$

$$\bar{H} = \frac{\bar{L} + \bar{V}}{|\bar{L} + \bar{V}|}$$



Modelos de iluminação empíricos

- Se a fonte de luz é direcional e o observador está a uma distância infinita (projeção paralela), o vetor $\bar{H}$ é constante. Neste caso, o modelo de Blinn apresenta uma redução no custo computacional.

Modelos de iluminação empíricos



Fonte pontual distante

Modelos de iluminação empíricos

- Atenuação da luz (fonte → superfície)

$$f_{at} = \frac{1}{k_c + k_l d + k_q d^2}$$

k_c , k_d e k_q – constantes

d – distância fonte/superfície

$$I(\lambda) = k_a(\lambda) I_a(\lambda) + f_{at} \left(k_d(\lambda) \sum_{i=1}^l (\bar{N} \cdot \bar{L}_i) I_i(\lambda) + k_s(\lambda) \sum_{i=1}^l (\bar{R}_i \cdot \bar{V})^n I_i(\lambda) \right)$$

$$I(\lambda) = k_a(\lambda) I_a(\lambda) + f_{at} \left(k_d(\lambda) \sum_{i=1}^l (\bar{N} \cdot \bar{L}_i) I_i(\lambda) + k_s(\lambda) \sum_{i=1}^l (\bar{N} \cdot \bar{H}_i)^n I_i(\lambda) \right)$$

Atenuação da luz (fonte → superfície)



Modelos de iluminação empíricos

- Atenuação atmosférica (superfície → observador)

$$I(\lambda) = s I_1(\lambda) + (1 - s) I_2(\lambda)$$

I_1 – cor original

I_2 – cor da atmosfera

$0 \leq s \leq 1$ – fator de interpolação

s função da distância superfície/observador (z - buffer)

- Outras denominações: *blending*, *fog* (neblina).

Modelos de iluminação empíricos

- Atenuação atmosférica (superfície → observador)

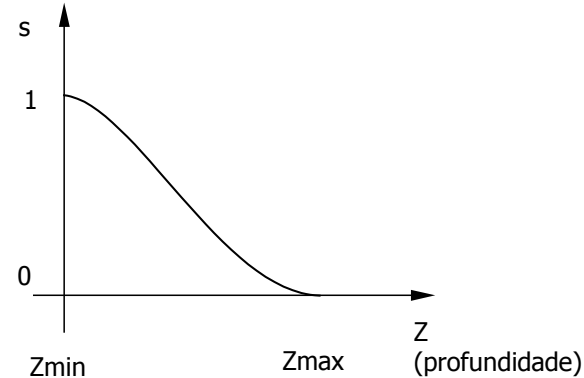
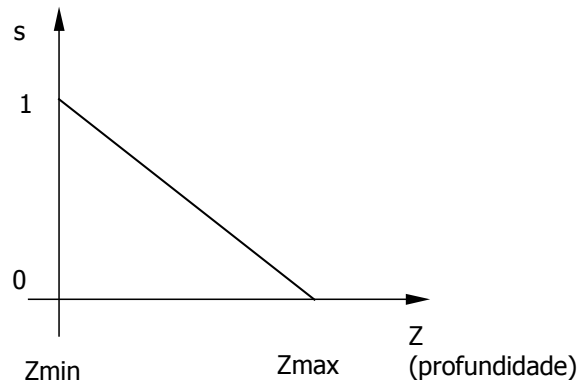
$$I(\lambda) = s I_1(\lambda) + (1 - s) I_2(\lambda)$$

I_1 – cor original

I_2 – cor da atmosfera

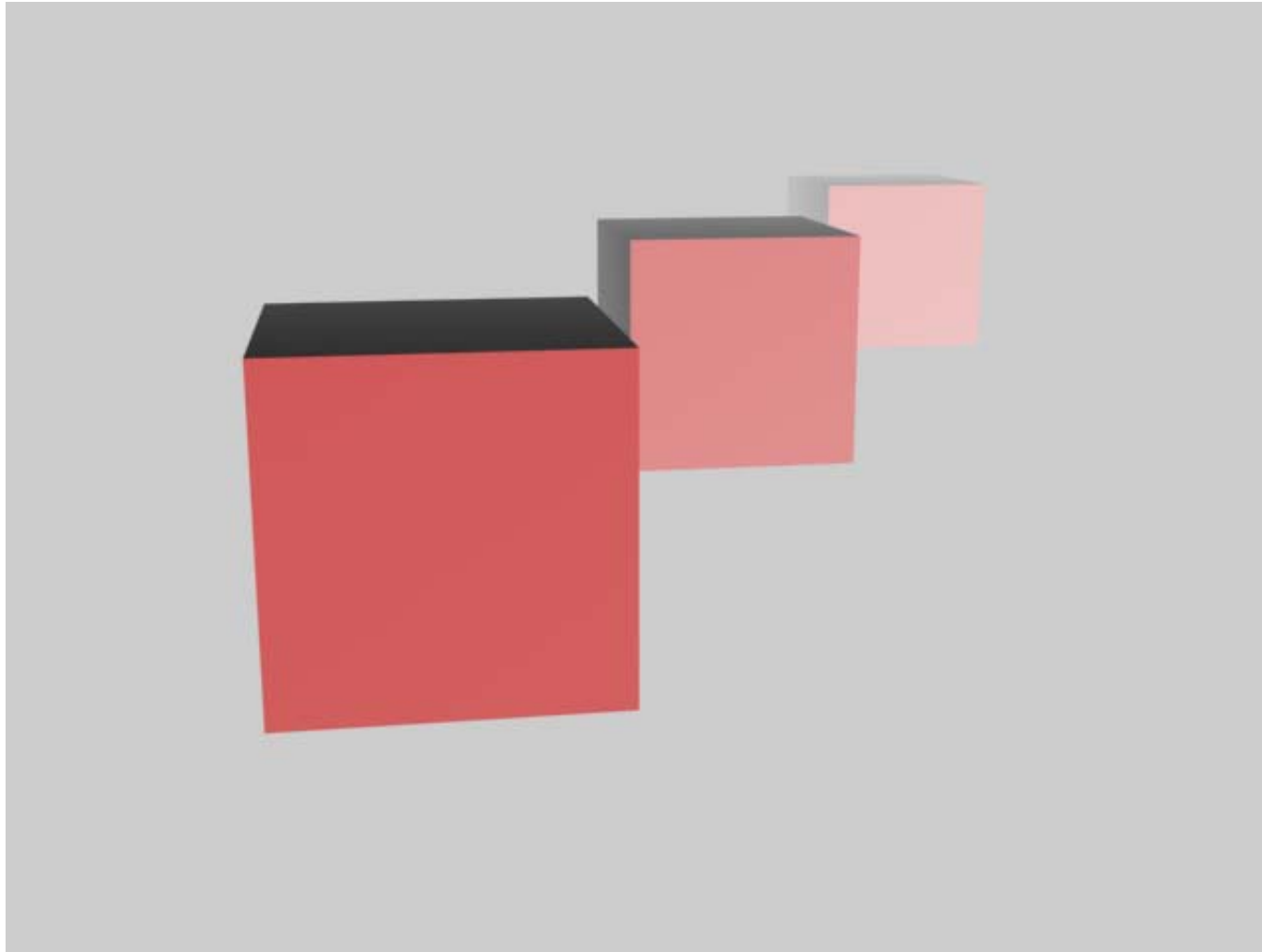
$0 \leq s \leq 1$ – fator de interpolação

função da distância superfície/observador (z - buffer)

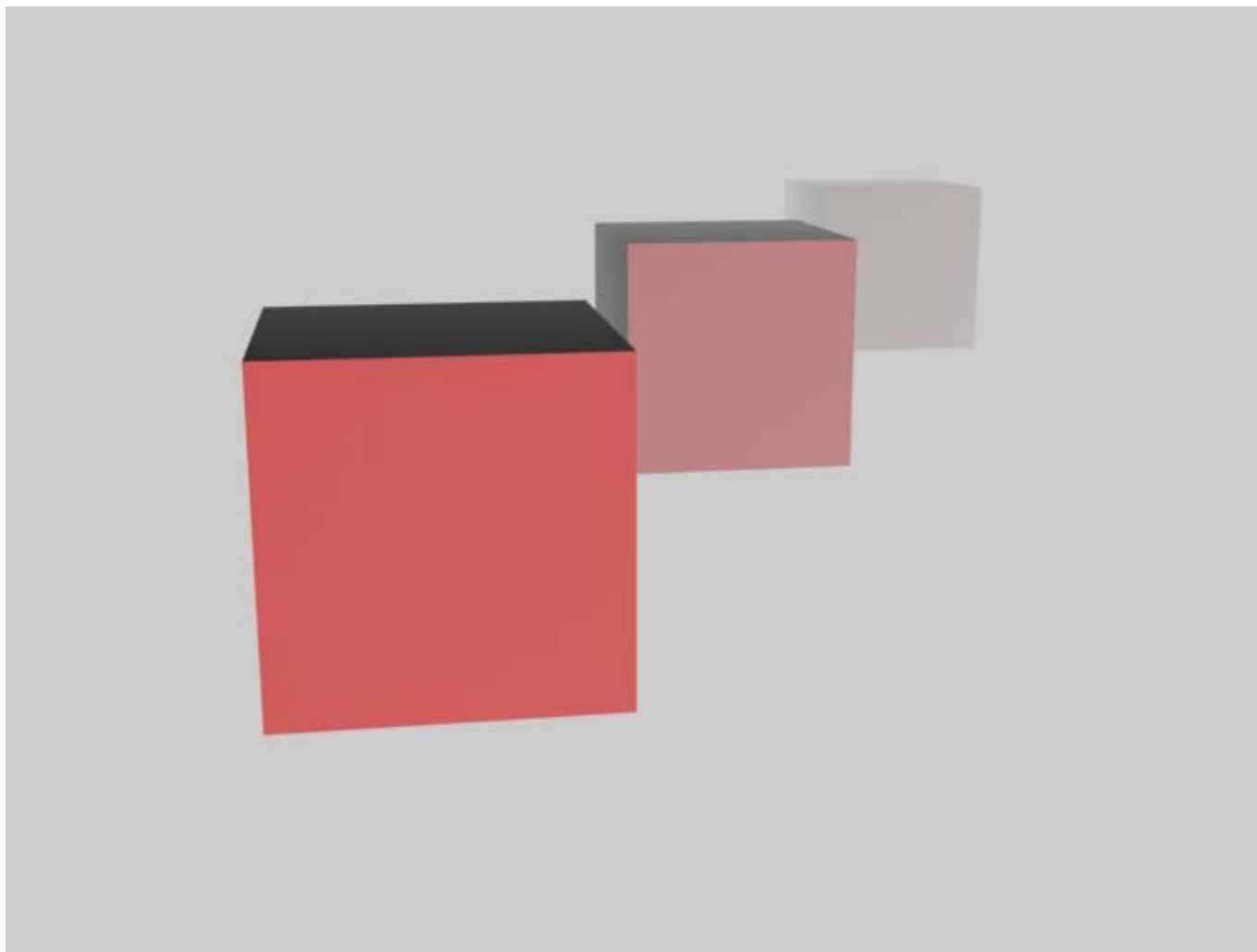


- Outras denominações: *blending*, *fog* (neblina).

Atenuação atmosférica (superfície → observador)



Atenuação da luz e atmosférica

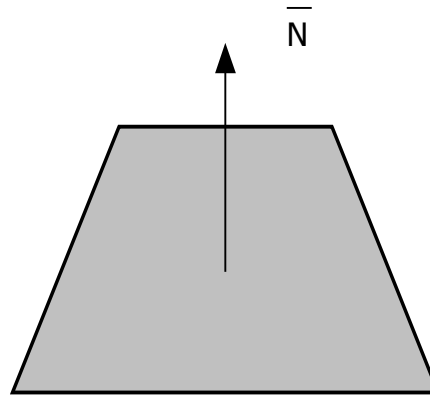


Modelos de Tonalização Incrementais

- Modelos de tonalização incrementais
 - Constante (facetado, ou *flat*)
 - Gouraud (interpolação de cores)
 - Phong (interpolação do vetor normal)
- Modelos incrementais
 - Utilizado com os modelos de iluminação empíricos
 - Cálculos no Espaço Image (após transformação projetiva)

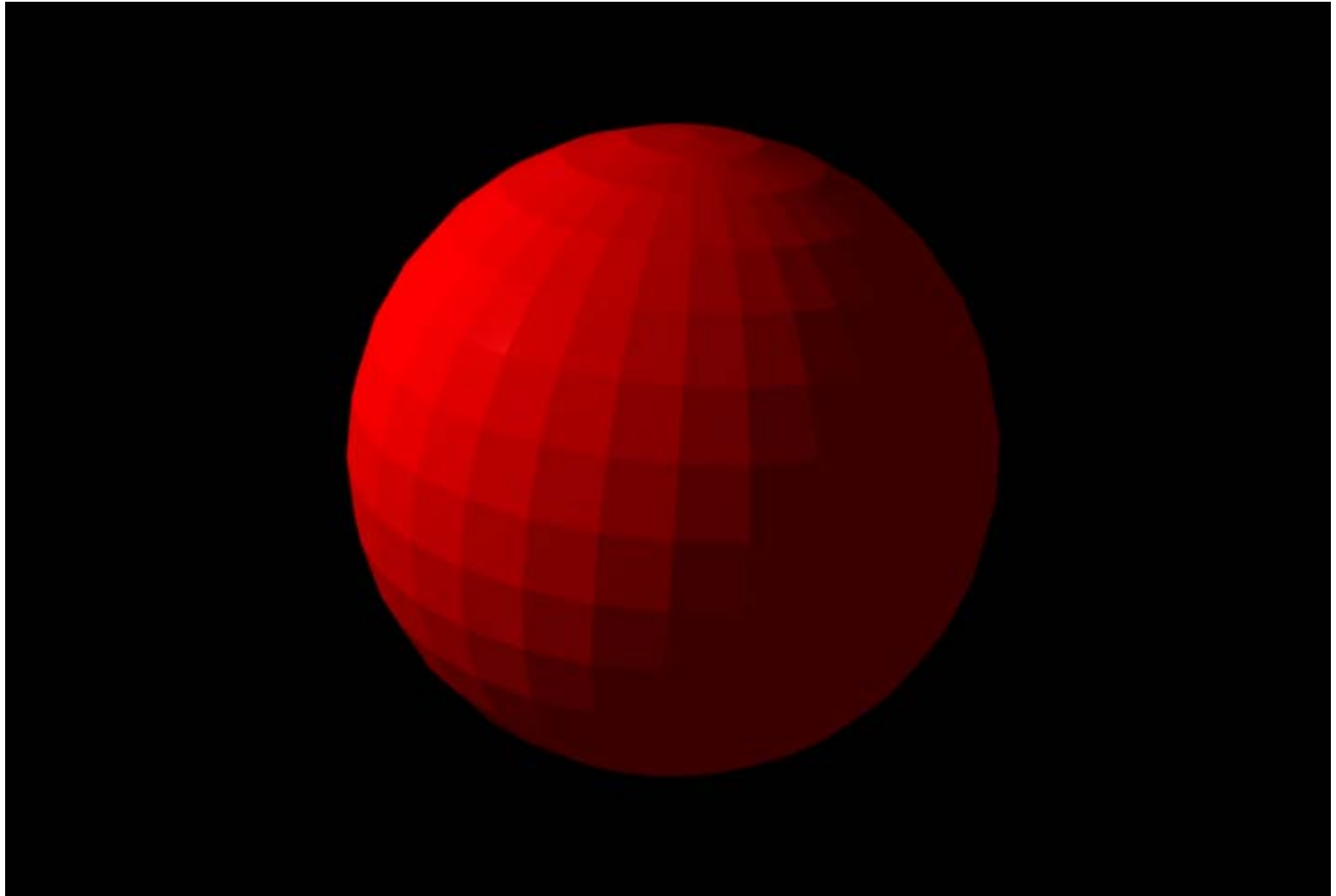
Modelos de Tonalização Constante

- O modelo de iluminação é avaliado uma única vez por polígono.



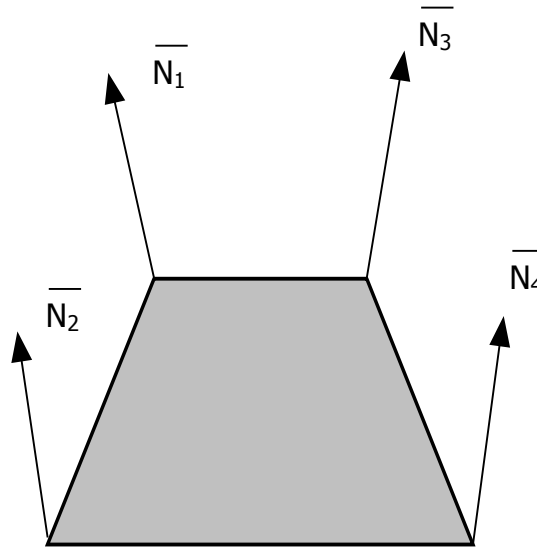
- A cor calculada é utilizada para em todo o polígono.

Modelos de Tonalização Constante



Modelos de Tonalização Gouraud

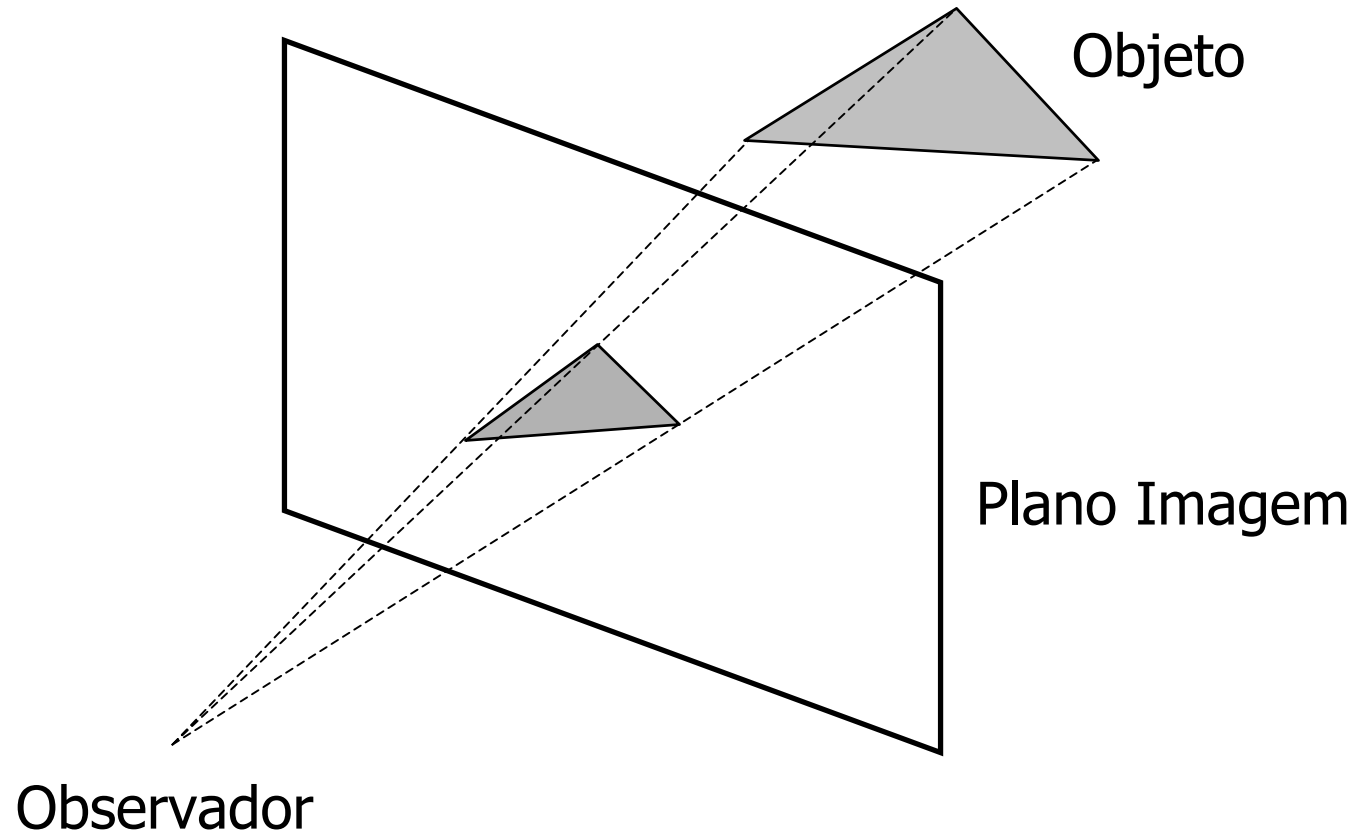
- O modelo de iluminação é calculado para cada vértice do polígono.



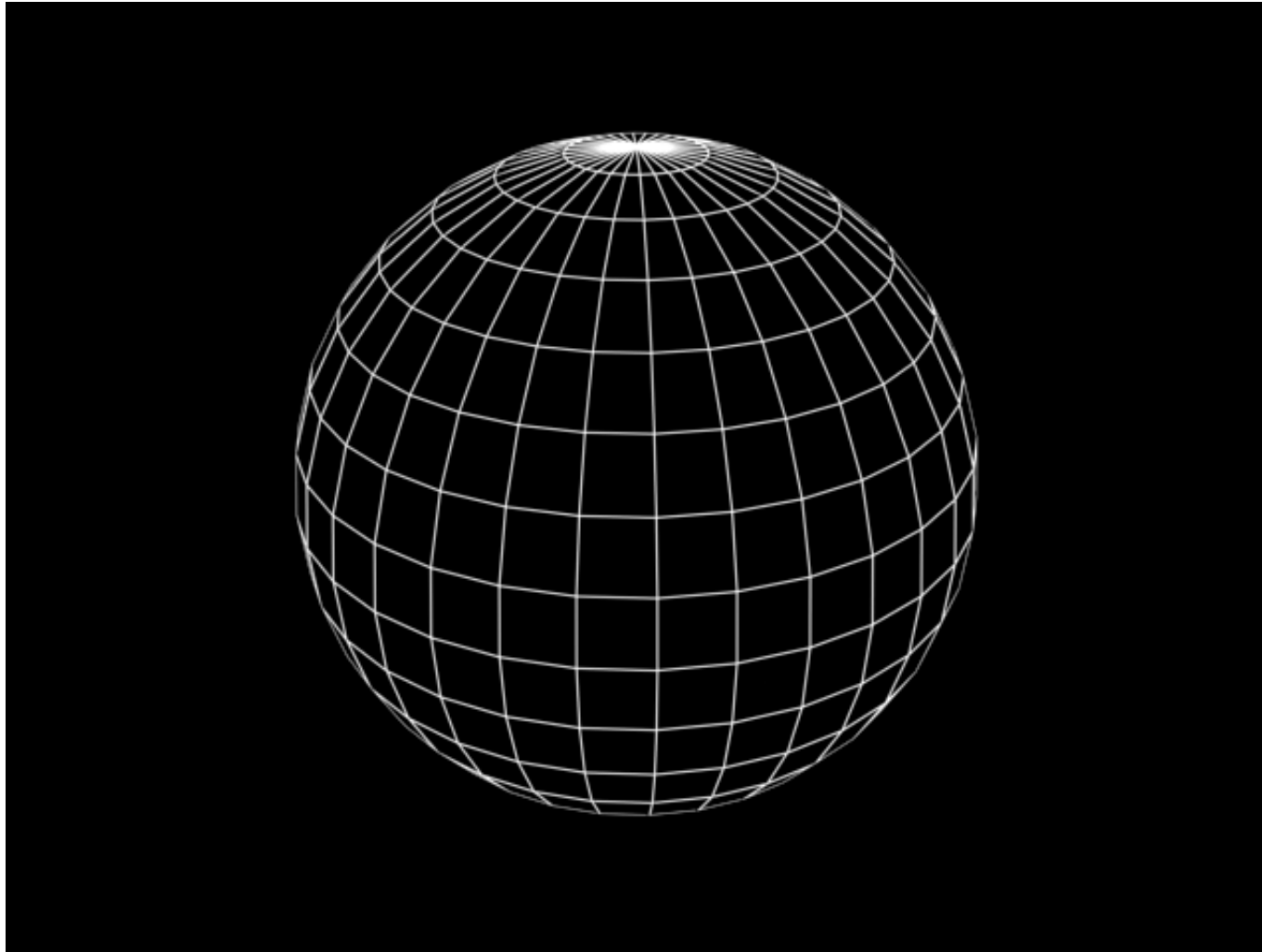
- O polígono é preenchido com cores interpoladas no espaço imagem a partir das cores dos vértices.

Modelo de Tonalização Incremental

- Espaço imagem



Modelo de Tonalização Incremental



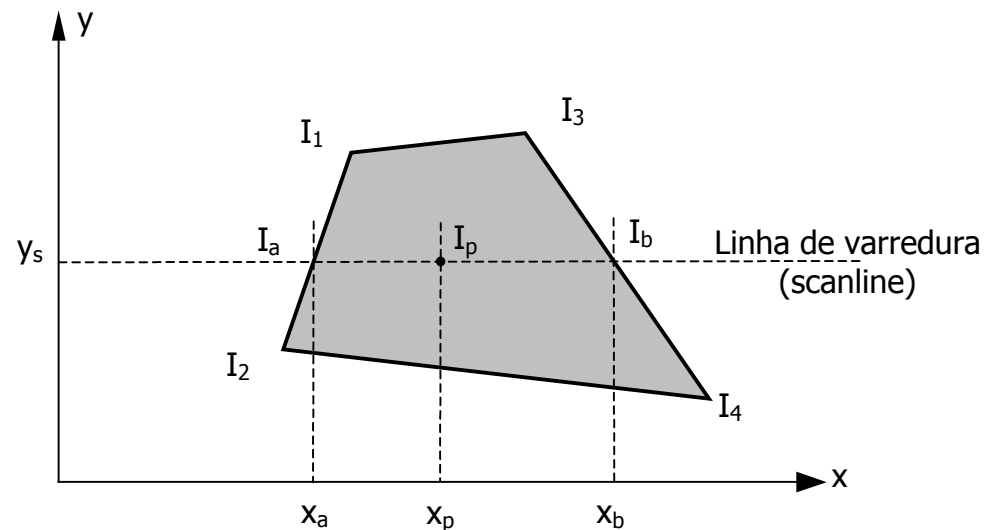
Modelo de Tonalização Incremental

- Interpolação de cores no espaço imagem (interpolação bi-linear)

$$I_a = I_1 - (I_1 - I_2) \left(\frac{y_1 - y_s}{y_1 - y_2} \right)$$

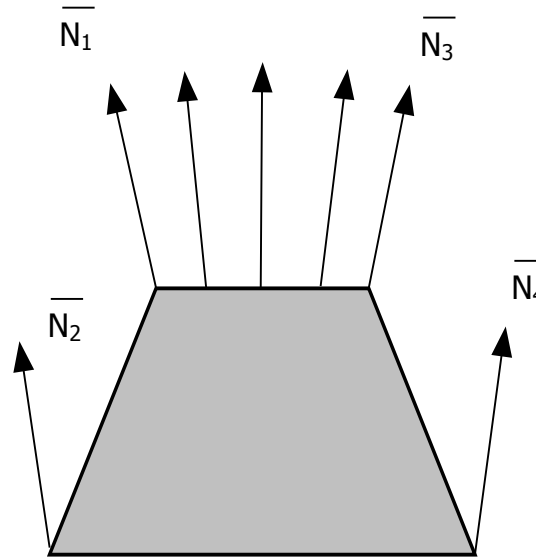
$$I_b = I_3 - (I_3 - I_4) \left(\frac{y_3 - y_s}{y_3 - y_4} \right)$$

$$I_p = I_b - (I_b - I_a) \left(\frac{x_b - x_p}{x_b - x_a} \right)$$

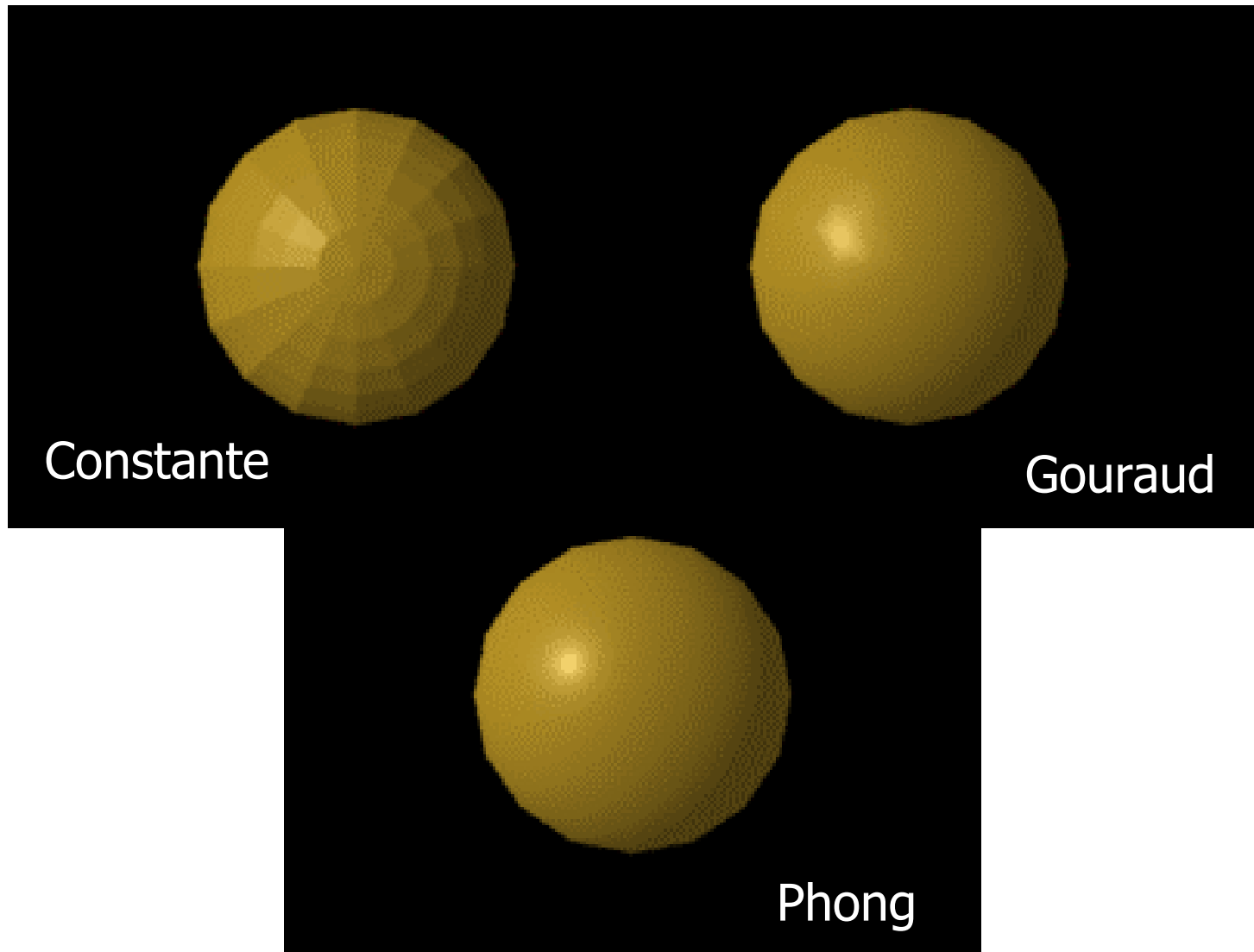


Modelo de Tonalização Phong

- O modelo de iluminação é calculado para cada ponto do polígono.
- É efetuada a interpolação do vetor normal (interpolação bi-linear e normalização do vetor interpolado)



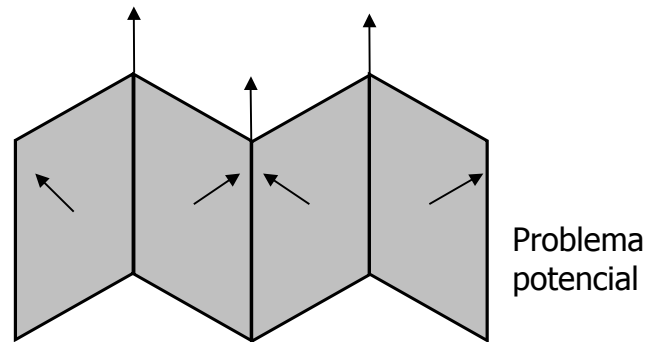
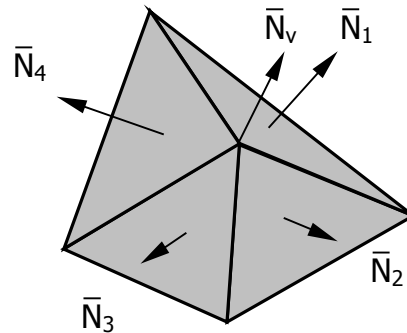
Modelo de Tonalização



Modelo de Tonalização Incremental - Observações

- Aproximação poligonal
- Cálculo do vetor normal em um vértice

$$\bar{N}_v = \frac{\sum_i N_i}{\left| \sum_i N_i \right|}$$



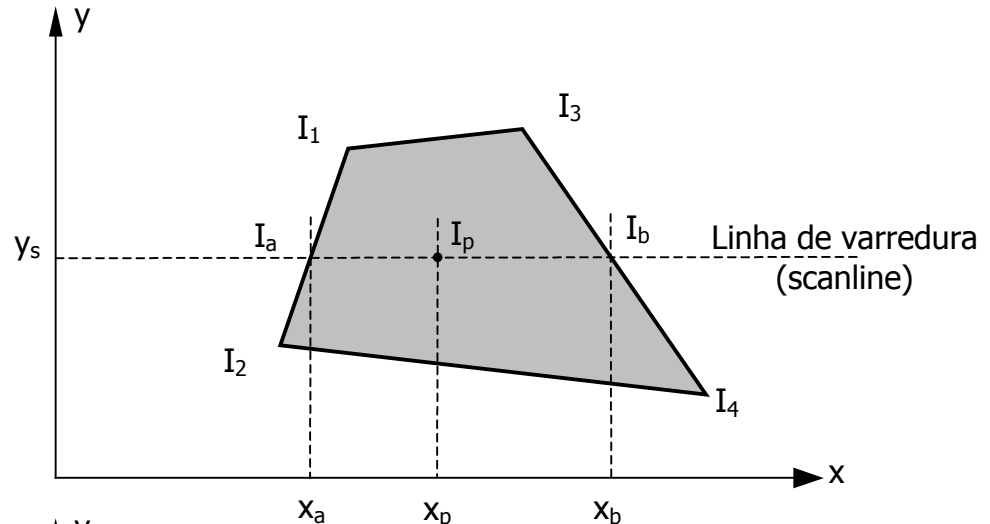
Modelo de Tonalização Incremental - Observações

- Dependente da orientação

$$I_a = I_1 - (I_1 - I_2) \left(\frac{y_1 - y_s}{y_1 - y_2} \right)$$

$$I_b = I_3 - (I_3 - I_4) \left(\frac{y_3 - y_s}{y_3 - y_4} \right)$$

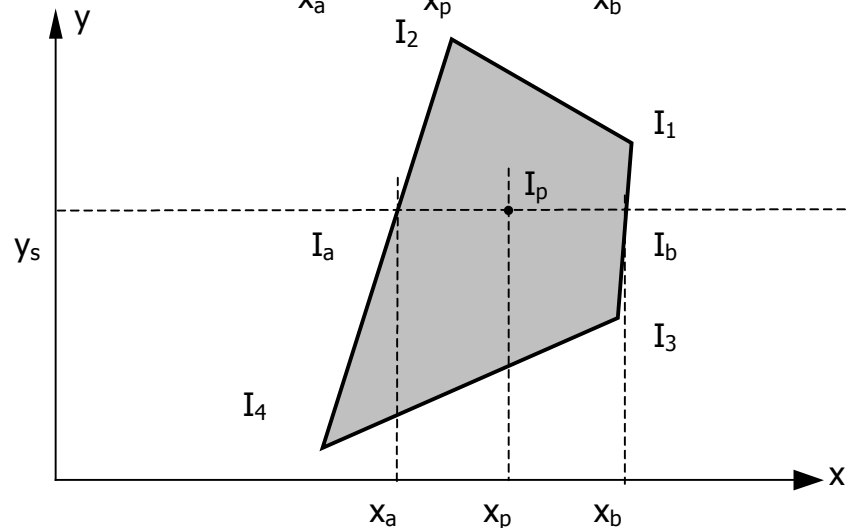
$$I_p = I_b - (I_b - I_a) \left(\frac{x_b - x_p}{x_b - x_a} \right)$$



$$I_a = I_2 - (I_2 - I_4) \left(\frac{y_2 - y_s}{y_2 - y_4} \right)$$

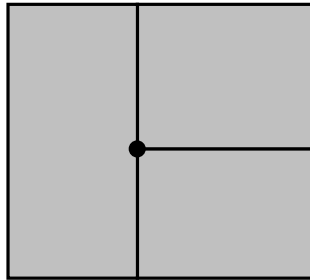
$$I_b = I_1 - (I_1 - I_3) \left(\frac{y_1 - y_s}{y_1 - y_3} \right)$$

$$I_p = I_b - (I_b - I_a) \left(\frac{x_b - x_p}{x_b - x_a} \right)$$

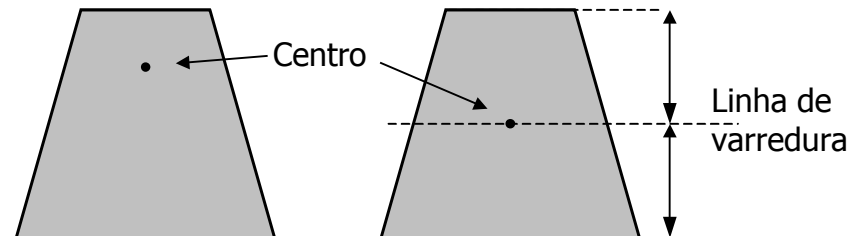


Modelo de Tonalização Incremental - Observações

- Descontinuidade em vértice não compartilhado

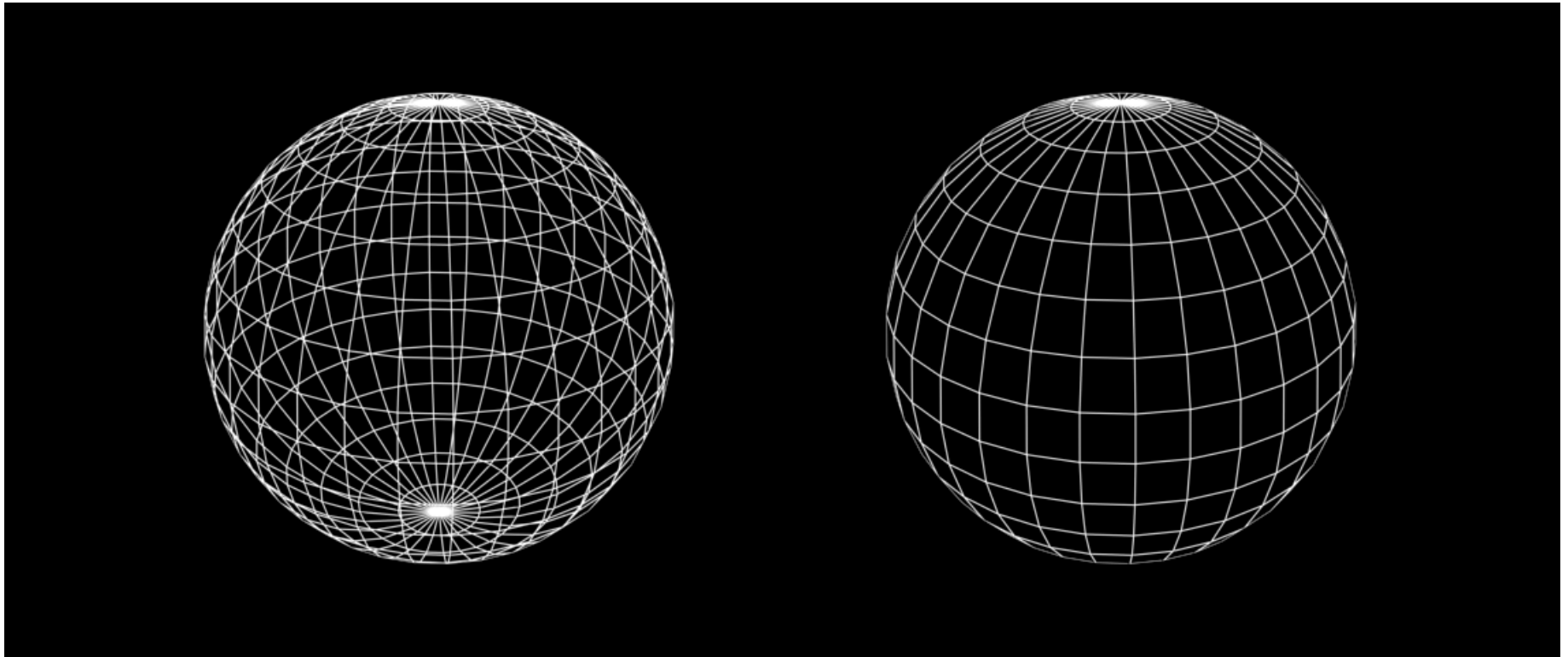


- Distorção perspectiva



Observações

- Back-face culling



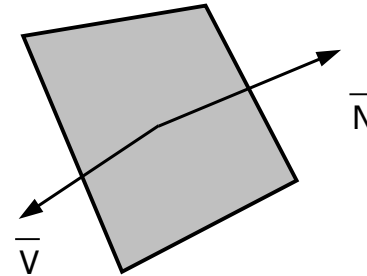
Observações

- Back-face culling

$$\bar{N} \cdot \bar{V} < 0$$

$\bar{N}$ – vetor normal à superfície

$\bar{V}$ – vetor em direção ao observador



Modelos de Tonalização e Iluminação - OpenGL

- Modelos de tonalização
 - `glShadeModel(GLenum mode);`
 - `mode`
 - GL_FLAT (constante)
 - GL_SMOOTH (Gouraud)

Modelos de Tonalização e Iluminação - OpenGL

- Modelo de Luz

- `glLightModel{if}(GLenum pname, TYPE param);`
- `glLightModel{if}v(GLenum pname, TYPE *param);`

• pname	(*)parm
GL_LIGHT_MODEL_AMBIENT	(R, G, B, A) (0.2, 0.2, 0.2, 1.0)
GL_LIGHT_MODEL_LOCAL_VIEWER	GL_FALSE ou GL_TRUE
GL_LIGHT_MODEL_TWO_SIDE	GL_FALSE ou GL_TRUE
GL_LIGHT_MODEL_COLOR_CONTROL	GL_SINGLE_COLOR ou GL_SEPARATE_SPECULAR_COLOR

Modelos de Tonalização e Iluminação - OpenGL

- Fontes de luz

- `glLight{if}(GLenum light, GLenum pname, TYPE param);`
- `glLight{if}v(GLenum light, GLenum pname, TYPE *param);`

- `light`

`GL_LIGHT0, GL_LIGHT1, ..., GL_LIGHT7`

- `pname` `(*)parm`

`GL_AMBIENT` `(R, G, B, A) (0.0, 0.0, 0.0, 1.0)`

`GL_DIFFUSE` `(R, G, B, A) (1.0, 1.0, 1.0, 1.0)` `(0.0, 0.0, 0.0, 1.0)`

`GL_SPECULAR` `(R, G, B, A) (1.0, 1.0, 1.0, 1.0)` `(0.0, 0.0, 0.0, 1.0)`

Modelos de Tonalização e Iluminação - OpenGL

• pname	(*)parm
GL_POSITION	(x, y, z, w) (0.0, 0.0, 1.0, 0.0)
GL_SPOT_DIRECTION	(x, y, z) (1.0, 1.0, 1.0, 1.0) (0.0, 0.0, 0.0, 1.0)
GL_SPOT_EXPONENT	0.0
GL_SPOT_CUTOFF	180.0
GL_CONSTANT_ATTENUATION	1.0
GL_LINEAR_ATTENUATION	0.0
GL_QUADRATIC_ATTENUATION	0.0

Modelos de Tonalização e Iluminação - OpenGL

- Material
 - `glMaterial{if}(GLenum face, GLenum pName, TYPE param);`
 - `glMaterial{if}v(GLenum face, GLenum pName, TYPE *param);`
 - face
 - `GL_FRONT`
 - `GL_BACK`
 - `GL_FRONT_AND_BACK`

Modelos de Tonalização e Iluminação - OpenGL

• pname	(*)parm
GL_AMBIENT	(R, G, B, A) (0.2, 0.2, 0.2, 1.0)
GL_DIFFUSE	(R, G, B, A) (0.8, 0.8, 0.8, 1.0)
GL_AMBIENT_AND_DIFFUSE	(R, G, B, A)
GL_SPECULAR	(R, G, B, A) (0.0, 0.0, 0.0, 1.0)
GL_SHININESS	0.0
GL_EMISSION	(R, G, B, A) (0.0, 0.0, 0.0, 1.0)
GL_COLOR_INDEXES	(0, 1, 1)

Modelos de Tonalização e Iluminação - OpenGL

- Color Material Mode (`glColor*()`)
 - `glColorMaterial{if}(GLenum face, GLenum mode);`
 - face
 - `GL_FRONT`
 - `GL_BACK`
 - `GL_FRONT_AND_BACK`
 - mode
 - `GL_AMBIENT`
 - `GL_DIFFUSE`
 - `GL_AMBIENT_AND_DIFFUSE`
 - `GL_SPECULAR`

Modelos de Tonalização e Iluminação - OpenGL

- É necessário habilitar modelo de tonalização e iluminação
 - `glEnable(GL_LIGHTING);`
- É necessário habilitar as fontes de luzes
 - `glEnable(GL_LIGHT0);`
- É necessário habilitar Color Material
 - `glEnable(GL_COLOR_MATERIAL);`