

# Modelo de Iluminação

Uéliton Freitas

Universidade Católica Don Bosco - UCDB

*freitas.ueliton@gmail.com*

22 de setembro de 2014

# Sumário

- 1 Introdução
- 2 Fontes de Luz
- 3 Fontes de Luz Direcional e Efeito de Holofote
- 4 Fontes de Luz em Superfícies
- 5 Modelos Básicos de Iluminação

# Introdução

## Introdução

- Os modelos físicos envolvem vários fatores como **propriedade dos materiais, posições** dos objetos em relação a luz e outros objetos, além das características das fontes de luz.
  - Os objetos podem ser transparentes ou opacos, podem ser finos ou mais grosseiros.
  - Fontes de luz podem ter vários formatos, cores e posições.
- Os **Modelos de Iluminação** em computação gráfica são, na maioria das vezes, **aproximações** das leis da física que descrevem efeitos de luz sobre as superfícies.

# Fontes de Luz

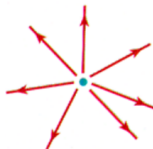
## Fontes de Luz

- Qualquer objeto brilhante é uma **fonte de luz** e emite luz e contribui para os efeitos de luz dos outros objetos da cena.
- **Fontes de Luz** podem ter diferentes formas e características (posição, cor, direção de emissão) podendo emitir ou refletir luz.
- Em aplicações gráficas de **tempo real**, muitas vezes são utilizados modelos simples de iluminação para obter um melhor **custo computacional**.

# Fontes de Luz

## Fonte de Luz Puntual

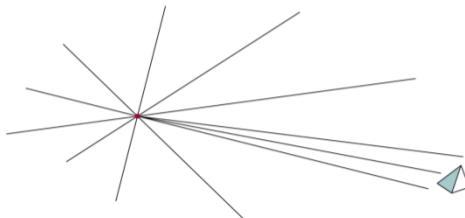
- É o modelo de luz mais simples.
  - Possui uma posição.
  - Defini-se a cor que será emitida.
  - Os raios de luz são gerados em **direções radiais divergentes** a partir do ponto da luz.



# Fontes de Luz

## Fonte de Luz Infinitamente Distantes

- Uma fonte de luz grande(p.ex Sol) que está bem longe da cena pode ser aproximado com um ponto emissor bem distante dos objetos.
  - A iluminação é provida em uma única direção.
- Uma fonte de luz distante é simulada definindo uma **cor** e uma **direção** de emissão de raios. Não é necessário definir uma posição.



# Fontes de Luz

## Atenuação Radial da Intensidade

- A energia de radiação de uma fonte de luz em uma distância  $d_l$  da origem, tem sua **amplitude** atenuada por um fator  $\frac{1}{d_l^2}$ .
  - Uma superfície próxima a fonte de luz recebe maior intensidade de luz.
  - Para uma **iluminação realística** esta atenuação deve ser considerada.
- Na prática uma atenuação  $\frac{1}{d_l^2}$  para fontes de luz pontuais não produz efeitos realísticos.
  - Há uma alta variação de intensidade em objetos próximos a fonte de luz e uma baixa variação para objetos que estão longe da fonte.

# Fontes de Luz

## Atenuação Radial da Intensidade

- Para produzir efeitos mais realísticos com fonte de luz pontuais usamos:

$$f(d_l) = \frac{1}{a_0 + a_1 d_l + a_2 d_l^2}$$

- Os valores de  $a_0$ ,  $a_1$  e  $a_2$  podem ser ajustados para produzir efeitos de atenuações desejados.
  - Valores grandes podem ser assinalados para  $a_0$  quando  $d_l$  é muito pequeno para prevenir que  $f(d_l)$  de ficar muito grande.



# Fontes de Luz

## Atenuação Radial da Intensidade

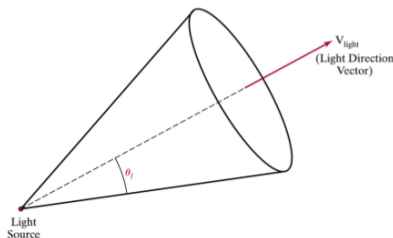
- Este cálculo não pode ser aplicado para fontes de luz no “infinito” porque a distância  $d_l$  é indeterminada.
- Um outro problema que é que quase todos os pontos estarão a mesma distância da fonte de luz. (baixo realismo).
- Para resolver o problema:

$$f(d_l) = \begin{cases} 1 & \text{se a fonte de luz está no infinito} \\ \frac{1}{a_0 + a_1 d_l + a_2 d_l^2} & \text{se a fonte de luz é local} \end{cases}$$

# Fontes de Luz

## Efeito de Holofote

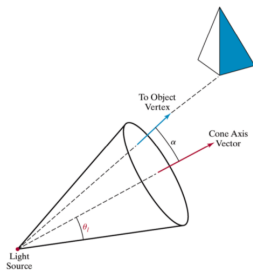
- Uma fonte de luz pontual pode ser direcionada para produzir um efeito de **luz direcional** ou holofote.
  - Se o objeto está fora dos limites direcionais ele é eliminado da iluminação.
- Uma **fonte de luz direcional** pode ser definida por uma **posição**, um **vetor direcional** e um limite angular  $\theta$  a partir deste vetor.



# Fontes de Luz

## Efeito de Holofote

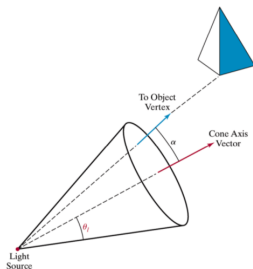
- Podemos utilizar dois vetores para direcionar a luz.
  - Um vetor  $\mathbf{V}_{light}$  para direcionar a luz.
  - Um vetor  $\mathbf{V}_{obj}$  para direcionar a luz a um objeto.
- Considerando que  $\cos\alpha = \mathbf{V}_{light} \cdot \mathbf{V}_{obj}$  e limitando  $0^\circ \leq \theta_l \leq 90^\circ$ , então o objeto está dentro da região de luz se  $\cos\alpha \geq \cos\theta_l$



# Fontes de Luz

## Atenuação Angular de Intensidade

- Para uma fonte de luz direcional a atenuação ocorre **angularmente** e **radialmente** a partir da posição da fonte.
  - Assim é possível simular cones de luz que são mais intensos ao longo do cone.



# Fontes de Luz

## Atenuação Angular de Intensidade

- Para uma fonte de luz direcional a atenuação ocorre **angularmente** e **radialmente** a partir da posição da fonte.
  - Assim é possível simular cones de luz que são mais intensos ao longo do cone.
- Uma função de atenuação é:

$$f_{angatten}(\phi) = \cos^{a_t} \phi, 0^\circ \leq \phi \leq \theta$$

- Onde  $a_t$  é o expoente de atenuação e  $\phi$  é o ângulo medido a partir do eixo do cone.
  - Ao longo do eixo temos  $\phi = 0^\circ$  e  $f_{angatten}(\phi) = 1$ .
  - Quanto maior o valor de  $a_t$  menor o valor de  $f_{angatten}$  com  $\phi > 0^\circ$

# Fontes de Luz

## Atenuação Angular de Intensidade

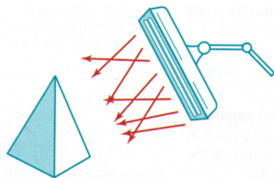
- Considerando os vetores  $\mathbf{V}_{light}$  e  $\mathbf{V}_{obj}$  e assumindo  $0^\circ \leq \theta_l \leq 90^\circ$  a equação geral da atenuação pode ser definida como:

$$f_a = \begin{cases} 1 & \text{se a fonte de luz não é direcional} \\ 0 & \text{Se } \mathbf{V}_{light} \cdot \mathbf{V}_{obj} = \cos\alpha < \cos\theta_l \\ & \text{Objeto está fora} \\ & (\mathbf{V}_{light} \cdot \mathbf{V}_{obj})^{a_l} & \text{caso contrário} \end{cases}$$

# Fontes de Luz

## Fontes de Luz Estendidas e o Modelo de Warn

- Para se incluir uma fonte de luz grande em uma posição próxima aos objetos da cenas, podemos aproximar esse efeito como uma superfície que emite luz.
- Este efeito pode ser modelado utilizando uma grade de fontes direcionais.



# Efeito de Luz em Superfícies

## Efeito de Luz em Superfícies

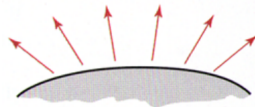
- Um modelo de iluminação computa os **efeitos de luz** levando em consideração várias **propriedades óticas**.
- Quando uma superfície é **Opaca**, parte da luz é refletida e parte é absorvida.
  - A quantidade de luz refletida depende do tipo de material da superfície.
- Em superfícies transparentes, alguma luz é transmitida através da mesma.



# Efeito de Luz em Superfícies

## Reflexão Difusa

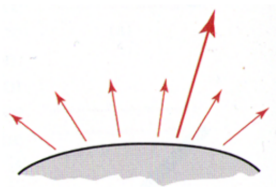
- Superfícies irregulares tendem a refletir luz em todas as direções, tendo a impressão de ser igualmente brilhante quando vista de qualquer ponto.
- A cor do objeto é a cor da reflexão difusa com uma iluminação branca.
  - Objetos azuis refletem a componente azul na cor branca.
  - Um objeto azul sobre a luz vermelha ficará preto pois o vermelho reflete absorve todo o azul.



# Efeito de Luz em Superfícies

## Reflexão Especular

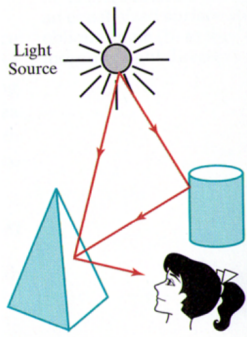
- Alguma parte da luz é concentrada em uma região mais brilhante.
- O realce é maior em superfícies brilhantes.



# Efeito de Luz em Superfícies

## Luz de Fundo ou Ambiente

- Efeito da luz produzida pela luz refletida no ambiente de várias superfícies.
  - A luz total refletida de uma superfície é a soma das contribuições da luz refletida pelas outras superfícies.



# Modelos Básicos de Iluminação

## Modelos Básicos de Iluminação

- **Modelos Precisos** de iluminação computam toda a interação entre a radiação de luz e o material do objeto.
- Contudo esta interação é computacionalmente muito **cara**.
- Assim algumas aproximações para a iluminação ambiente são definidas.

# Modelos Básicos de Iluminação

## Luz Ambiente

- A luz de fundo pode ser incorporada definindo um **brilho geral** para a cena.
  - Produz uma luz ambiente que uniforme para todos os objetos, gerando uma aproximação da reflexão difusa de todas as superfícies da cena.
- A quantidade de luz refletida depende do material (propriedades óticas) das superfícies.
- O nível de luz ambiente em uma cena é definido por um parâmetro de intensidade  $I_a$ .

# Modelos Básicos de Iluminação

## Reflexão Difusa

- A reflexão difusa pode ser modelada assumindo que a luz incidente é **espalhada com igual intensidade** em todas as direções independente da direção de visão.
  - Estas superfícies são denominadas **refletores difusos ideais** (refletores Lambertinianos).
- Assumindo que toda superfície é um refletor difuso ideal, um parâmetro  $k_d$  (**coeficiente de reflexão difusa**) pode ser utilizado para determinar a fração de luz incidente que irá se espalhar com reflexão.

# Modelos Básicos de Iluminação

## Reflexão Difusa

- Para fontes de luz monocromáticas,  $0 \leq k_d \leq 1.0$ 
  - Superfícies brilhantes possuem  $k_d$  altos.
  - Superfícies que absorvem luz possuem  $k_d$  próximos de 0.

# Modelos Básicos de Iluminação

## Reflexão Difusa

- Para efeitos de luz de fundo, as superfícies são completamente iluminadas pelas luz ambiente  $I_a$ . A contribuição da reflexão difusa é:

$$I_{\text{reflecdiff}} = k_d \cdot I_a$$

- Se somente a luz ambiente for considerada, o efeito de iluminação obtido na cena é pouco interessante.

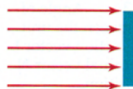




# Modelos Básicos de Iluminação

## Reflexão Difusa

- Quando uma superfície é iluminada com uma intensidade  $I_i$ , a quantidade de **luz** incidente varia de acordo com a **orientação da superfície** em relação a luz.
- O número de raios intersectados é proporcional a área de projeção perpendicular da área incidente.



(a)

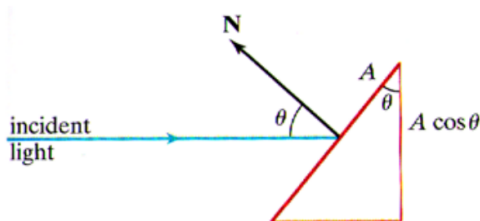


(b)

# Modelos Básicos de Iluminação

## Reflexão Difusa

- Considerando um **ângulo de incidência**  $\theta$  entre a direção da luz incidente e a normal da superfície.
- A área projetada é proporcional a  $\cos\theta$ .



# Modelos Básicos de Iluminação

## Reflexão Difusa

- Podemos então modelar a quantidade de luz incidente em uma superfície da seguinte forma:

$$I_{l,incident} = I_l \cdot \cos\theta$$

- Com isso a reflexão difusa pode ser modelada com uma fonte de luz e intensidade  $I_l$ :

$$\begin{aligned} I_{l,diff} &= k_d \cdot I_{l,incident} \\ &= k_d \cdot I_l \cdot \cos\theta \end{aligned}$$

# Modelos Básicos de Iluminação

## Reflexão Difusa

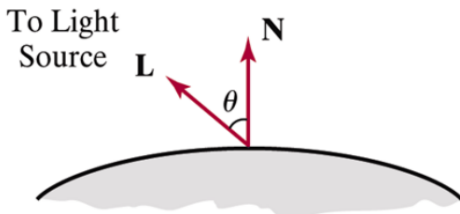
- Conforme o **ângulo de incidência aumenta**, a **iluminação** a partir da fonte de luz **diminui**.
- A superfície será iluminada apenas se  $0^\circ \leq \cos\theta \leq 90^\circ$ , quando  $\cos\theta < 0^\circ$  a luz está atrás do objeto.

# Modelos Básicos de Iluminação

## Reflexão Difusa

- Considerando  $\mathbf{N}$  como sendo um vetor unitário normal a superfície e  $\mathbf{L}$  o vetor unitário da direção da luz, então  $\cos\theta = \mathbf{N} \cdot \mathbf{L}$
- A equação de reflexão para uma única fonte de luz puntual é definida como:

$$I_{l,diff} = \begin{cases} k_d \cdot I_l(\mathbf{N} \cdot \mathbf{L}) & \text{se } \mathbf{N} \cdot \mathbf{L} > 0 \\ 0 & \mathbf{N} \cdot \mathbf{L} \leq 0 \end{cases}$$



# Modelos Básicos de Iluminação

## Reflexão Difusa

- O vetor unitário  $\mathbf{L}$  é calculado usando a posição da superfície e a posição da fonte de luz.

$$\mathbf{L} = \frac{P_{source} - P_{surf}}{|P_{source} - P_{surf}|}$$

- Uma fonte de luz do “infinito” não tem posição, somente a direção de propagação
  - Emprega-se o negativo da direção da emissão para a direção do vetor  $\mathbf{L}$ .

# Modelos Básicos de Iluminação

## Reflexão Difusa

- Exemplo de iluminação difusa variando  $k_d$  entre 0 e 1.
  - Uma única fonte de luz puntual
  - Sem luz ambiente.

