

# Realismo

- Remoção de Elementos Ocultos
- Modelos de Iluminação
- Modelos de Rendering
- Mapeamento de Texturas

# Modelos de Iluminação

- Representações realísticas de uma cena são obtidas pela geração de projeções de objetos e aplicações de efeitos naturais de iluminação (sombra, penumbra, reflexão, transparência, ...)
- Um modelo de Iluminação é usado para calcular a cor de uma posição iluminada de um objeto.

# Modelos de Iluminação

- Determinam a *intensidade* com que um ponto deve ser apresentado na tela.
- Intensifica ou acentua a cor do objeto, dependendo da iluminação considerada.

# Rendering

- Um modelo de rendering determina a cor de todos os pixels projetados.
- O rendering pode ser aplicado a cada pixel ou ser aplicado em um pequeno conjunto de pontos e interpolar os demais pontos.

# Iluminação X Rendering

- Modelo de iluminação é um modelo para calcular a intensidade da luz em um único ponto.
- Modelo de rendering é o processo de aplicar o modelo de iluminação para todos os pontos projetados.

# Modelos de Iluminação

- Modelar os efeitos da luz sobre um objeto é uma tarefa complexa, envolve princípios de física e psicologia.
- Efeitos da luz são descritos por modelos que consideram a interação do espectro eletromagnético (luz) com as superfícies dos objetos na cena.

# Modelos de Iluminação

- Modelos físicos da luz envolvem propriedade do material, posição relativa do objeto em relação a luz e em relação a outros objetos e propriedades da luz.
- Objetos podem ser compostos de material opaco, transparente ou semi transparente, podendo possuir brilho e uma variedade de texturas.
- Fontes de luz podem possuir várias formas, cor e posições.

# Modelos de Iluminação

- Os modelos de iluminação utilizam modelos empíricos baseados simplificações dos modelos fotométricos (leis da física).



# Fontes de Luz

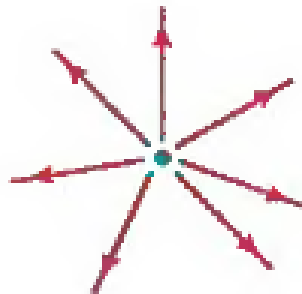
- Qualquer objeto que emite energia radiante é uma fonte de luz e contribui para efeitos de iluminação em outros objetos.
- Uma fonte de luz pode ser especificada por :
  - Posição
  - Cor emitida
  - Direção da emissão
  - Forma

# Tipos de Fontes de Luz

- Fonte de luz Pontual
- Fonte de luz com distância infinita
- Fonte de luz direcional
- Fonte de luz estendida

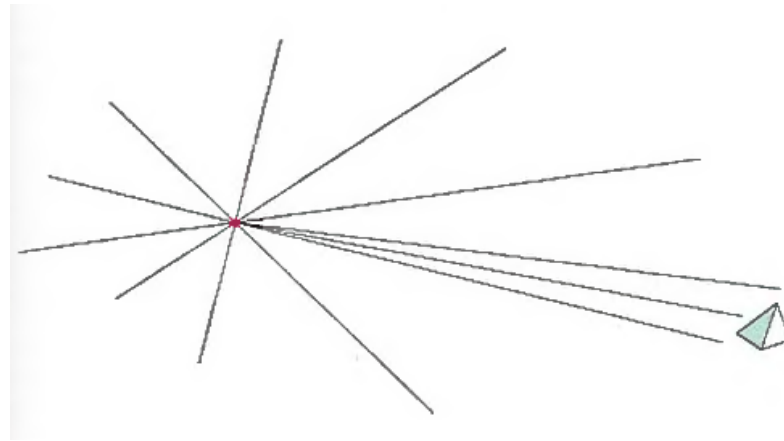
# Fonte de Luz Pontual

- Fonte de luz como um ponto que emite uma cor de luz RGB.
- Posição e Cor
- Os raios de luz são gerados ao longo de um caminho divergente radial partir do ponto.



# Fonte de Luz com Distância Infinita

- Grandes fontes de luz como o sol que estão muito longe dos objetos podem ser aproximadas por uma luz pontual que ilumina a cena em uma única direção.
- Propriedades:
  - Cor da fonte de luz emitida
  - Direção dos raios de luz (vetor).



# Atenuação da Intensidade

- Para a energia radiante de uma fonte de luz pontual viajando no espaço uma distância  $d$ , a intensidade é atenuada por um fator de  $1/d^2$ .
- Ou seja, superfícies perto da fonte de luz recebem uma intensidade maior de luz que superfícies longe.

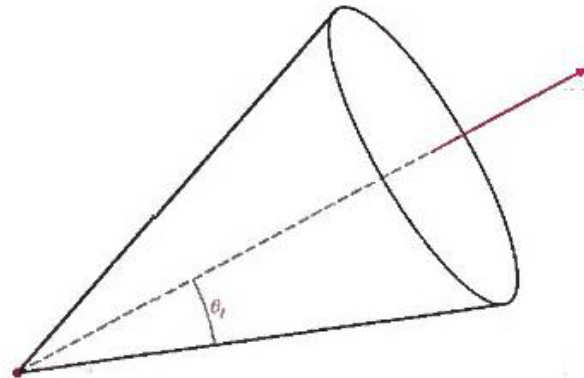
# Atenuação da Intensidade

- Na prática utilizar um fator de atenuação de  $1/d^2$  não produz bons resultados.
- Normalmente se altera o fator de atenuação para uma função quadrática de  $d$  que inclui um termo linear.

$$f = \frac{1}{a_0 + a_1 d + d^2}$$

# Fonte de luz direcional

- Efeito de holofote
- Atribuir vetor de direção e um valor angular limite  $\theta$ , a posição e a cor.



# Atenuação Angular

- Fonte de luz direcional
- Simula um cone de luz que é mais intenso ao longo do eixo do cone e intensidade decaindo quando se move para longe do eixo.
- A função de atenuação angular usada é:

$$f = \cos^n \phi \quad 0^\circ \leq \phi \leq \theta$$

Onde  $n$  é o expoente de atenuação positivo



# Fonte de luz estendida

- Como simular fontes de luz estendidas como uma lâmpada de neon?
- Podemos aproximar por uma superfície que emite luz, podendo ser uma grade de luz direcionais.
- Alguns modelos como o modelo de Warn fornecem esses efeitos.

# Efeitos da Iluminação

- Um modelo de iluminação computa os efeitos da luz sobre uma superfície usando várias propriedades óticas da superfície.
  - Essas propriedades incluem grau de transparência, refletância, e textura.
- Quando uma luz incide em um objeto opaco, parte é refletida e parte é absorvida.
- Objetos com brilho refletem uma maior parte da luz que objetos sem brilho
- Em objetos transparentes parte da luz incidente é transmitida através do objeto

# Efeitos da Iluminação

- Luz branca que atinge uma superfície pode ser parcialmente refletida, absorvida e transmitida.
  - Reflexão Difusa
  - Reflexão Especular
  - Absorção
  - Refração

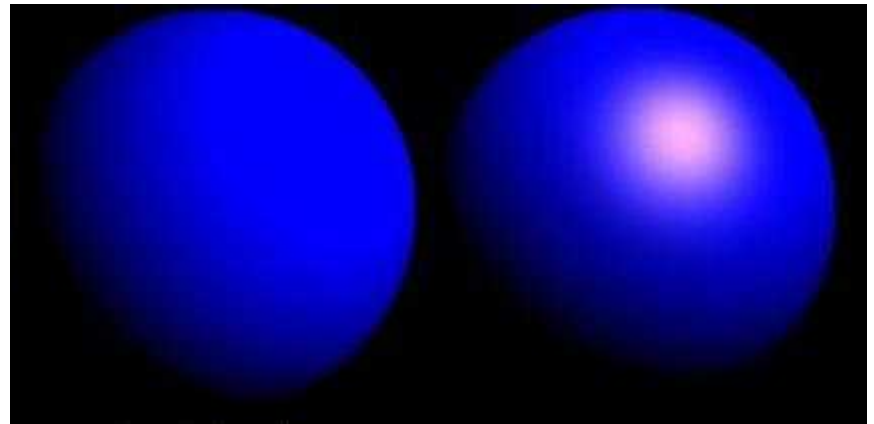
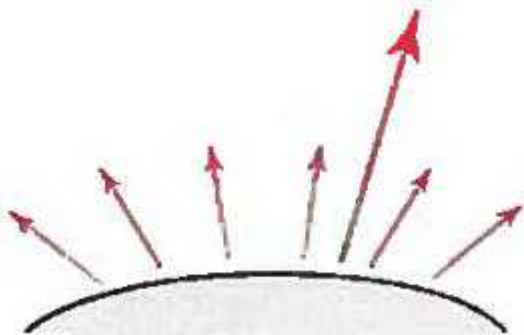
# Efeitos da Iluminação

- Reflexão Difusa
  - Superfícies que são ásperas ou rugosas tendem a refletir a luz em todas as direções . Esta luz espalhada é a reflexão difusa.
  - O que chamamos de cor é a reflexão difusa da luz branca sobre uma superfície.



# Efeitos da Iluminação

- Reflexão Especular
  - Além do espalhamento de luz difusa, uma parte da luz refletida é concentrada em um *highlight*, chamada de reflexão especular.
  - A reflexão especular ocorre quando um objeto brilhante é iluminado e depende da posição do observador para ser vista.

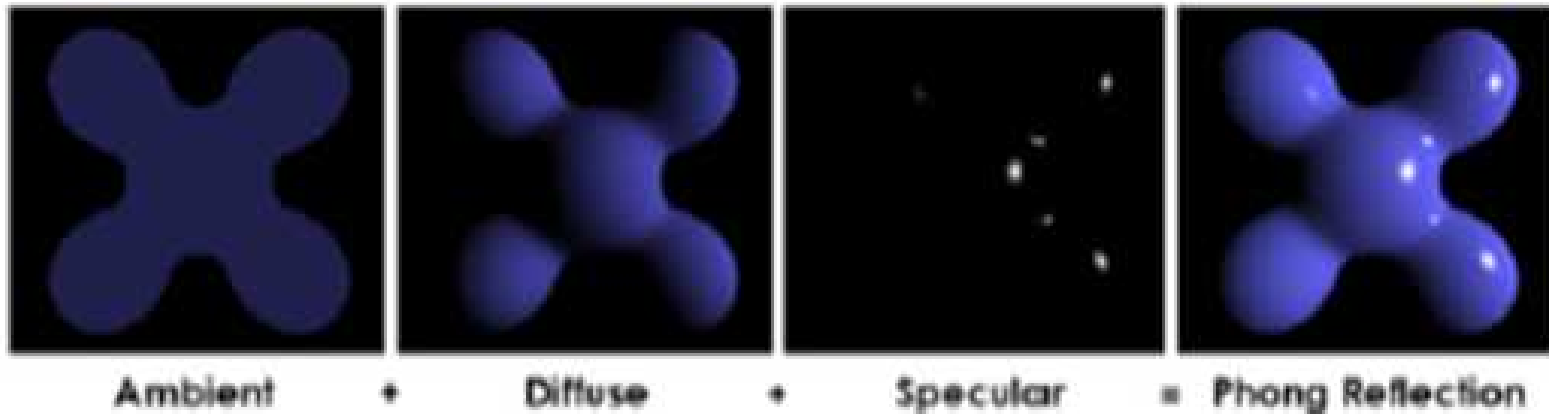


Difusa

Difusa + Especular

# Efeitos da Iluminação

- Luz Ambiente
  - Simula a iluminação indireta.
  - Ela é necessária pois algumas partes do objeto, apesar de não terem iluminação direta, ainda assim são vistas. Isso ocorre devido a reflexões de outros objetos da cena.



# Modelos de Iluminação

- Para simplificar os cálculos, podemos usar representações aproximadas para representar os processos físicos que produzem os efeitos da luz.
- O modelo empírico produz resultados razoavelmente bons e é implementado na maioria dos sistemas gráficos.
  - Emissores de luz nesse modelo são geralmente fontes pontuais mas muitas APIs oferecem suporte para as outras fontes de luz.

# Modelos de Iluminação

1. Modelo mais simples:

Luz Ambiente monocromática  $I = I_a k_a$

$I_a$  = intensidade da luz ambiente

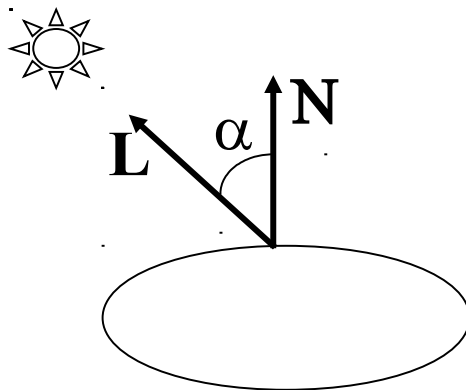
$K_a$  = coeficiente de iluminação ambiente, nível geral de brilho para toda a cena



# Modelos de Iluminação

## 2. Modelo de Reflexão Difusa:

- Superfícies Lambertianas, onde luz é espalhada igualmente em todas as direções.
- Coeficiente de reflexão difusa  $k_d$  é o percentual de luz difusa refletida por cada superfície.
- A luz que incide na superfície depende da orientação da superfície em relação à fonte de luz.



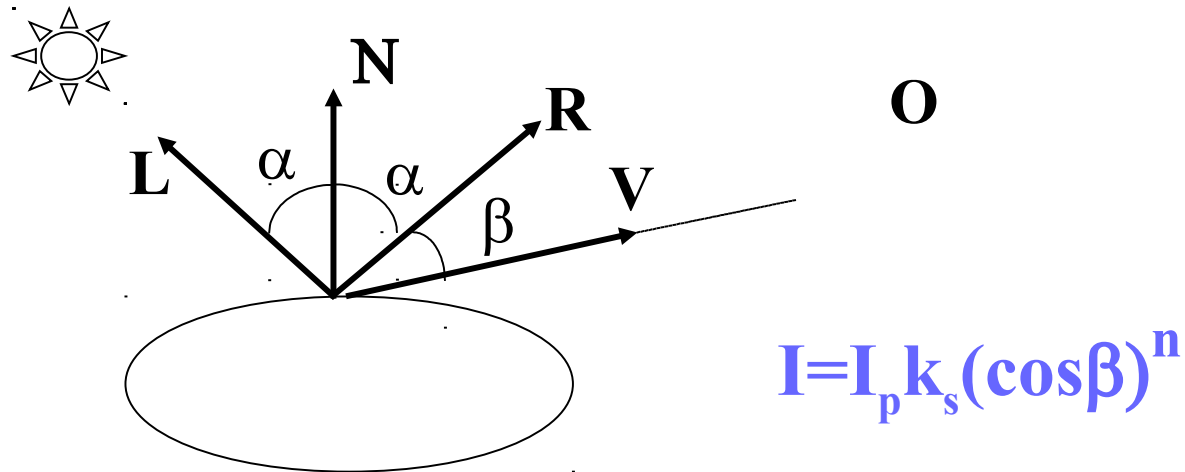
$$I = I_p k_d \cos \alpha$$

$$\cos \alpha = \mathbf{N} \cdot \mathbf{L}$$

# Modelos de Iluminação

## 3. Modelo de Reflexão Especular

Na reflexão especular a cor dos raios não é afetada pela cor da superfície, como num espelho. Indica o quão "brilhante" este objeto é.



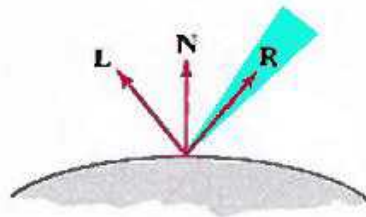
# Modelos de Iluminação

## 3. Modelo de Reflexão Especular

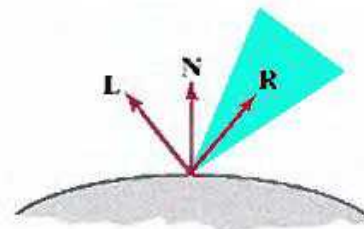
Para uma superfície refletora perfeita (espelho) a luz incidente é refletida somente na direção da reflexão especular (R).

Objetos que não são refletores perfeitos, refletem a luz em uma região finita em torno do vetor R.

Superfícies brilhantes tem um menor ângulo em torno do vetor R e superfícies sem brilho possuem maior ângulo.



Brilho



Sem brilho

# Modelos de Iluminação

$$I = I_a k_a + I_p k_d \cos \alpha + I_p k_s (\cos \beta)^n$$

Para o sistema RGB cada uma das intensidades é descrita por um vetor que especifica (red, green, blue)

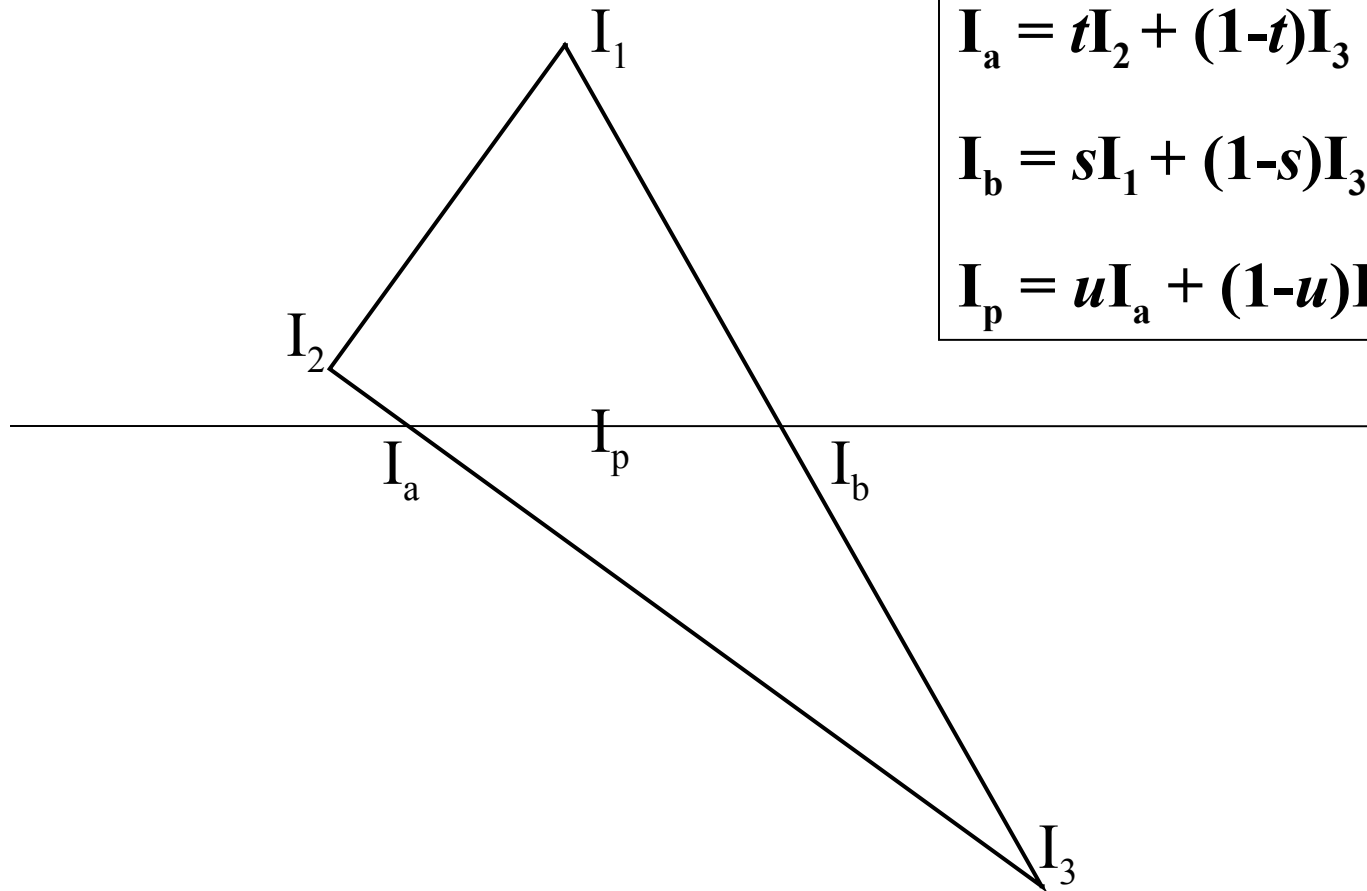
As fontes de luz são descritas por ( $I_r, I_g, I_b$ ) e os coeficientes dos materiais por ( $k_r, k_g, k_b$ ).

Cada componente da cor da superfície é calculada por uma expressão separadamente.

# Modelos de Sombreamento

- **Constante**
  - vetor normal por face e calcula uma intensidade
- **Gouraud**
  - calcula um vetor normal e uma intensidade por vértice
  - interpola intensidades para cada ponto
- **Phong**
  - calcula um vetor normal por vértice
  - interpola o vetor normal para cada ponto

# Gouraud

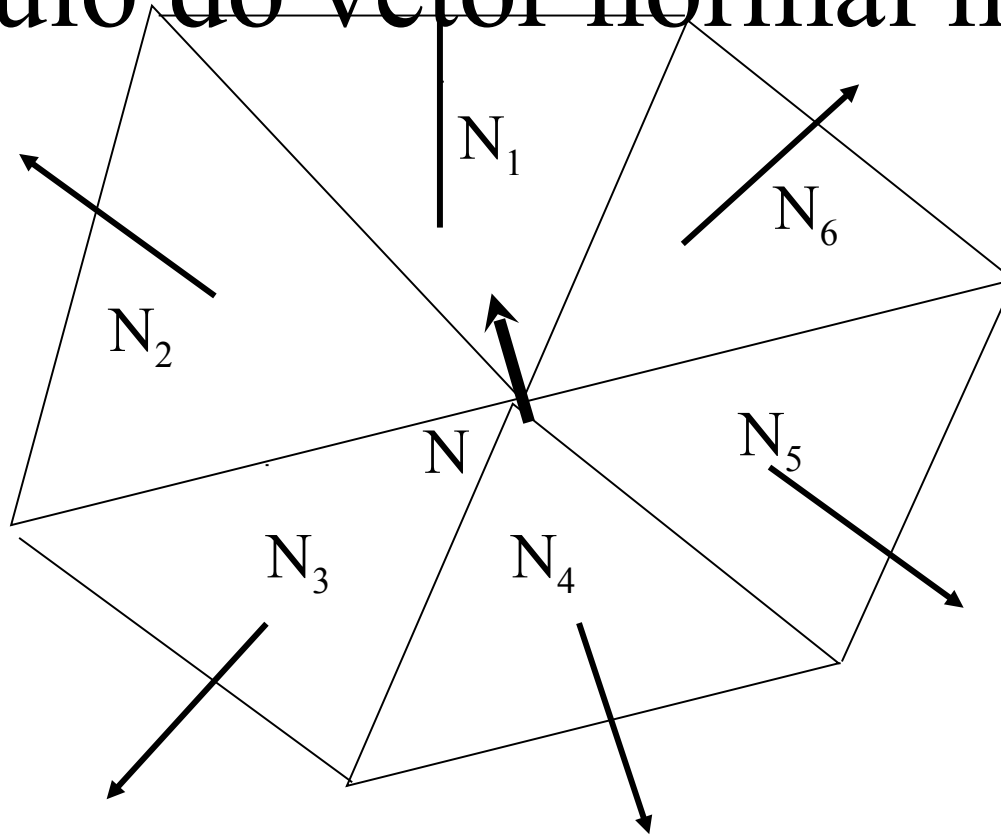


$$I_a = tI_2 + (1-t)I_3$$

$$I_b = sI_1 + (1-s)I_3$$

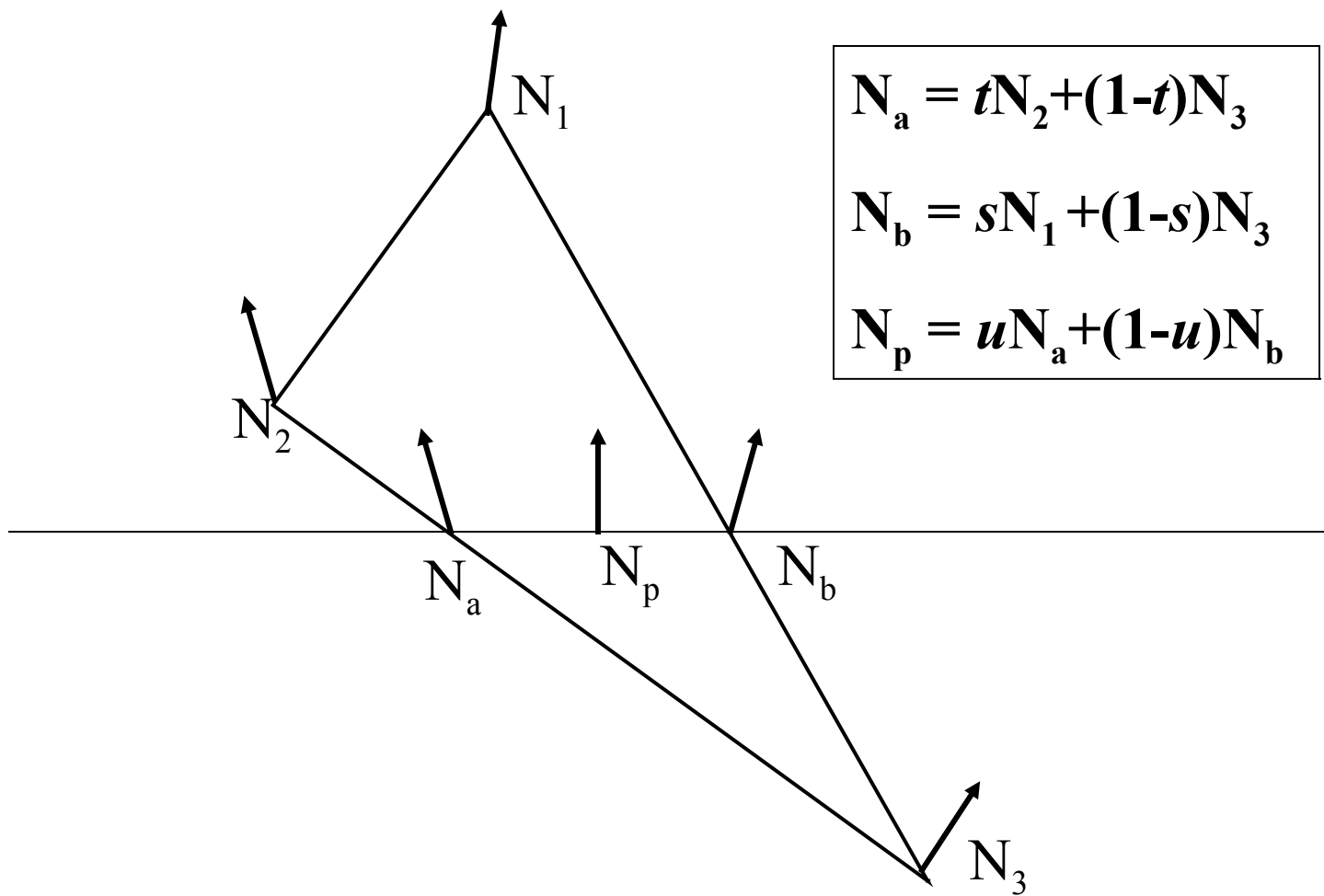
$$I_p = uI_a + (1-u)I_b$$

# Cálculo do vetor normal no ponto



$$N = \frac{N_1 + N_2 + N_3 + N_4 + N_5 + N_6}{\|N_1 + N_2 + N_3 + N_4 + N_5 + N_6\|}$$

# Phong





# Ray-Tracing

Técnica que modela a interação luminosa entre componentes da cena

