

Realismo Visual

Modelo de Sombreamento ou de Iluminação

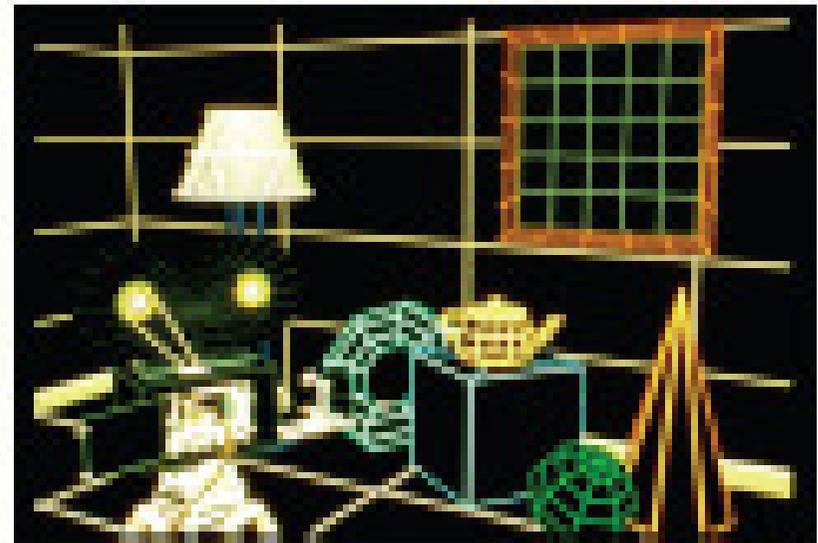
Aula 17

UFF - 2019
Capitulo 5- livro texto de **computacao grafica**

Objetivo

Melhorar o realismo e colorir adequadamente os objetos criados

(real time x perfeição física da cena)



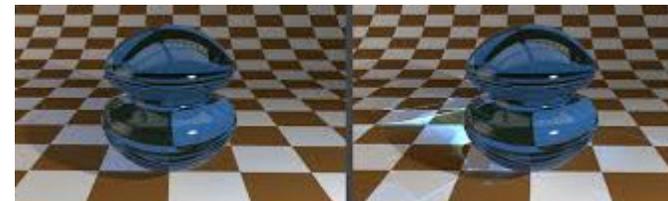
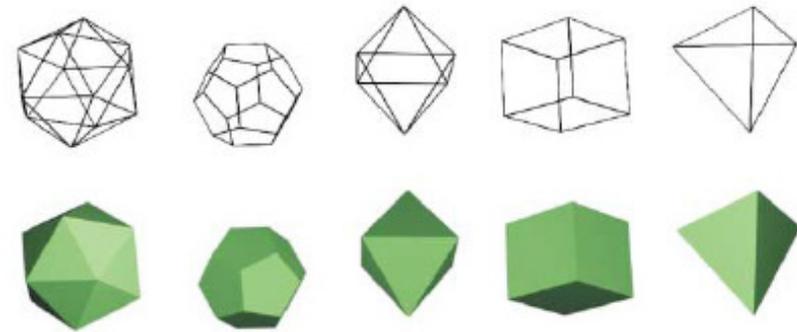
Nível adequado do realismo

Remoção de partes invisíveis do objeto
(linhas, superfícies e oclusões por outros objetos)

Sombreamento das diversas superfícies
ou *Shading* :
reflexão difusa,
reflexão especular

Demais níveis de detalhes:

Sombras (*shadows*)
Reflexão,
Transparências,
Refração,
Texturas



Um *modelo de Sombreamento (Shading) ou Iluminação*

é a forma utilizada para **calcular a intensidade** de luz (*Shading*) observada em um ponto na superfície de um objeto.

Modelos :

Empíricos x Físicos

Locais x Globais

Sombreamento das diversas superfícies

Shading :

Shading se refere ao processo de alterar ou não a cor do objeto/superfície/polígono numa cena 3D, baseado em um modelo de iluminação para o criar um efeito realístico.

Modelos mais comuns:

Flat *Shading* ou Constant *Shading*,

intensidade variável,

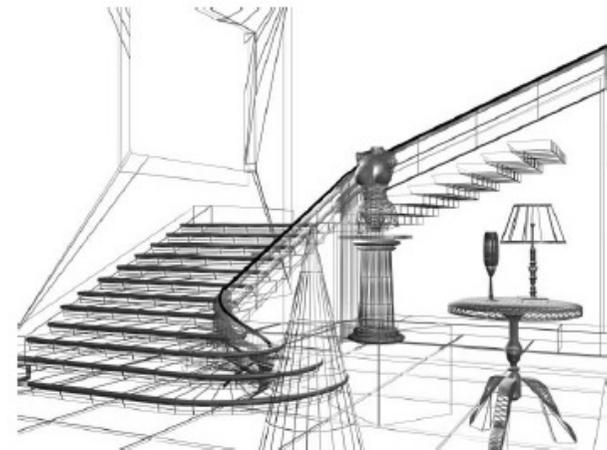
normais variáveis,

como funções de reflexão bidirecionais (BRDF), radiosidade.

Modelo de iluminação: empírico e local.

Quando se *renderiza* um objeto onde o **tom de um ponto** é determinado por:

- A descrição das fontes de luz disponíveis
- As superfícies dos objetos da cena
- A posição relativa entre as fontes de luz e as superfícies dos objetos



Descrição das fontes de luz disponíveis

Deve incluir detalhes como:

- Onde estão localizadas nas coordenadas da cena (em 3D da cena inteira)
- Intensidade, cor, número
- Tipo:

Ambiente – uniformemente distribuída em todas as direções da cena

Direcional, Pontuais ou

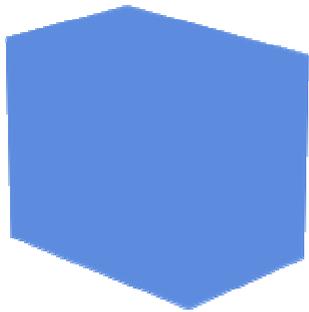
Com áreas de dimensões definidas

Shading com luz ambiente

Intensidade constante, cor constante → afeta igualmente todas as faces e objetos da cena:

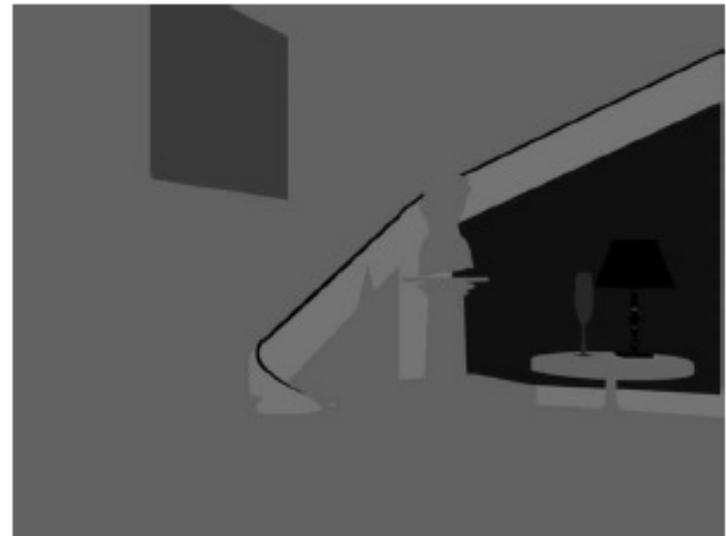
Difusa e non-directional lighting

Se I = intensidade da luz no ponto em estudo, I_a = intensidade da luz **ambiente** no ponto em estudo, r_a = coeficiente de reflexão entre 0 e 1



$$I = I_a r_a$$

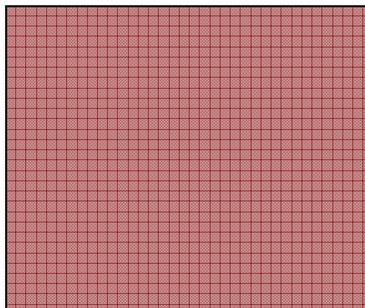
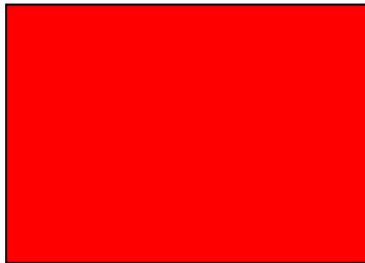
Paralelepípedo e cena sob luz ambiente



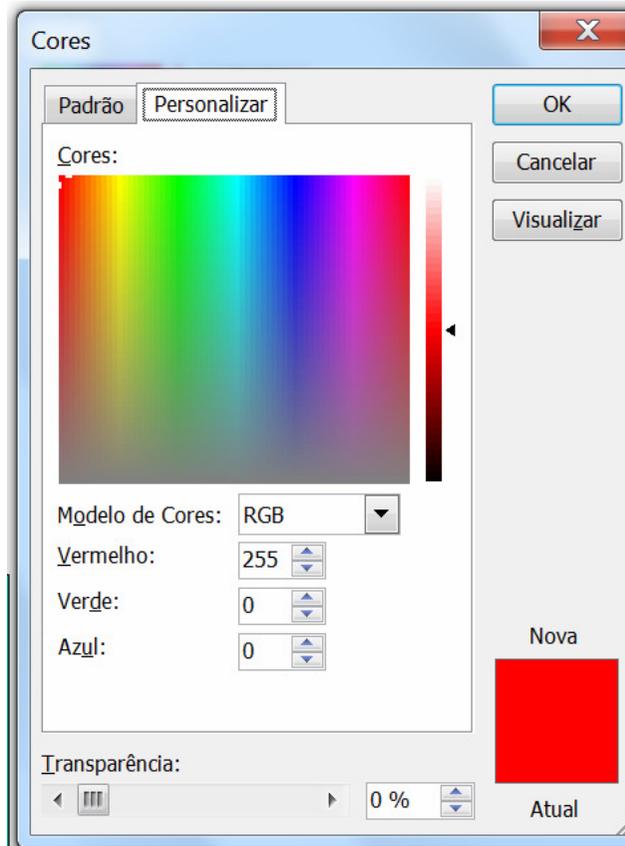
-

A intensidade de luz máxima de um ponto seria ele estar na Cor Branca= (1,1,1)

vermelho=(1 , 0 , 0)



vermelho=(0.5 , 0 , 0)



Se cada cor com 1 byte:
Branco= (255,255,255)

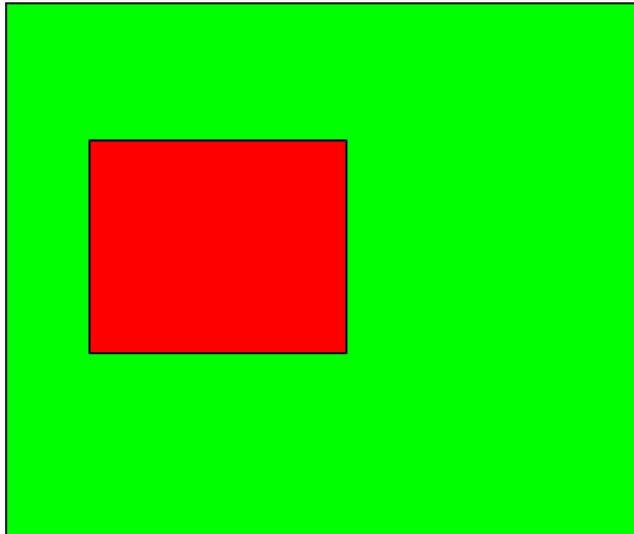
Vermelho máximo:
= (255,0,0)

Vermelho 50% :=
(127,0,0)

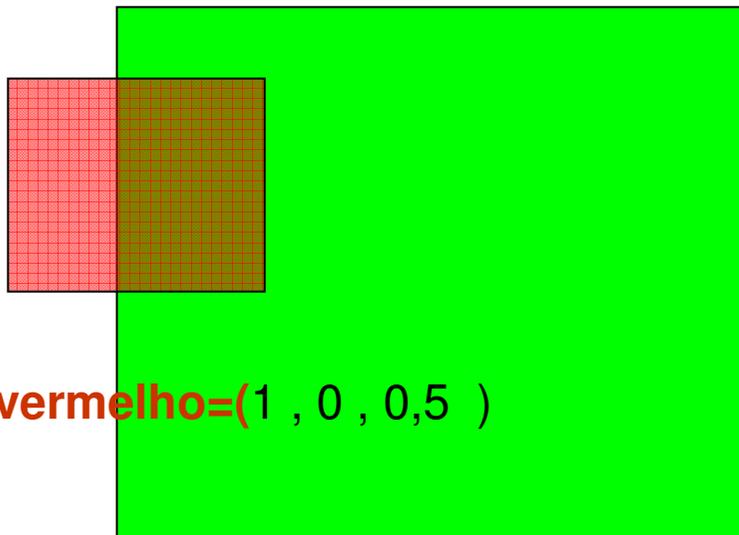
**sistemas de cores aditivos -> 3 cores
Combinadas ao maximo = BRANCO !**

sistemas de cores aditivos - 2 cores combinadas

3 cores primarias: **vermelho**, **verde** e o **azul**.



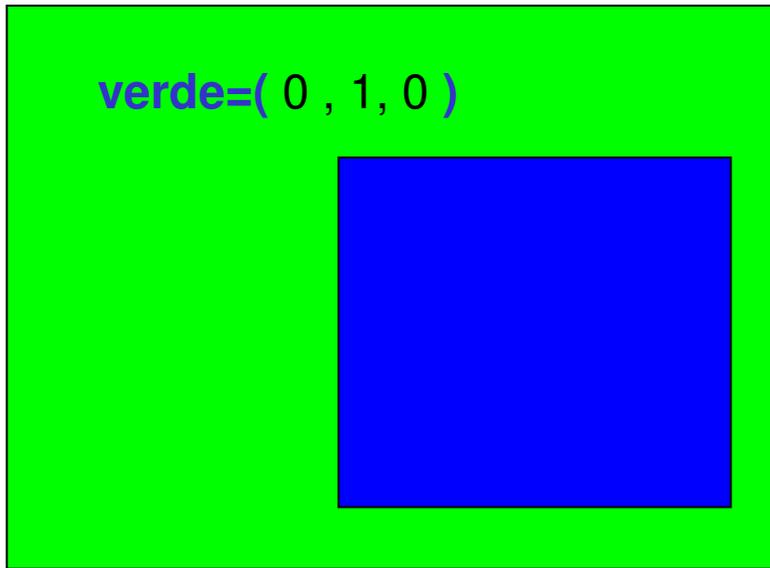
vermelho=(0,5, 0 , 0),
Branco = (0,5, 0,5 , 0,5),
Com porcentagens de branco ,
Tons de vermelho



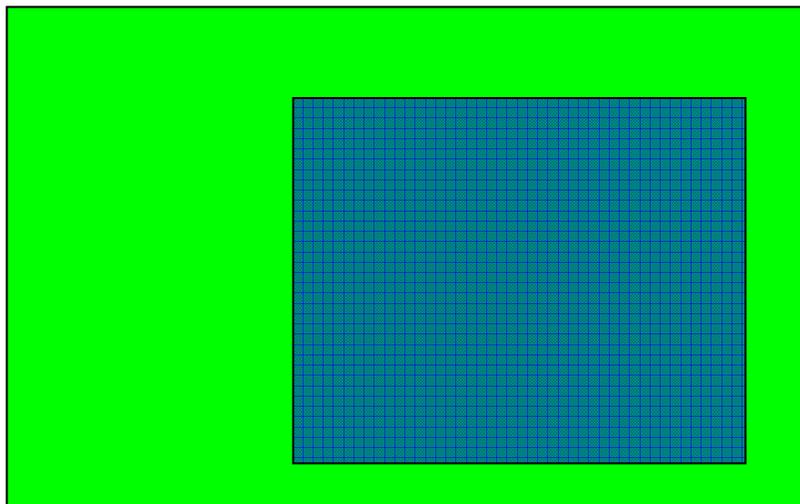
vermelho=(1 , 0 , 0),
Com porcentagens de verde,
verde = (0, 0,5 , 0)
Tons de amarelos ou marrons

rosa=(1 , 0,5 , 0,5),

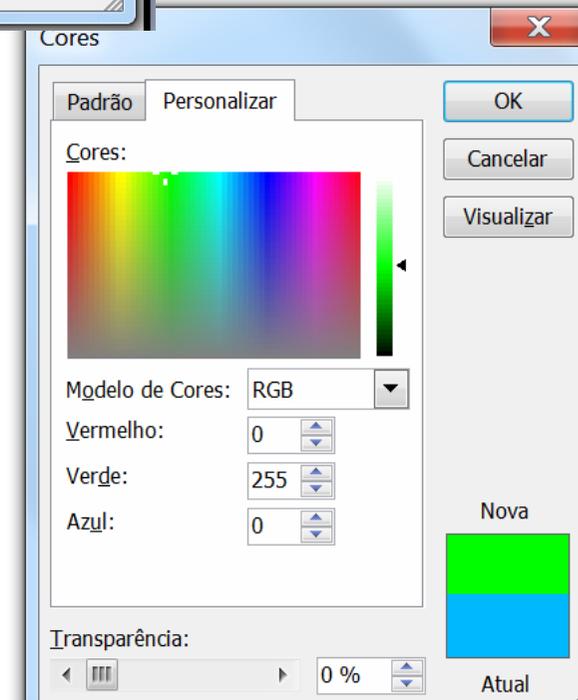
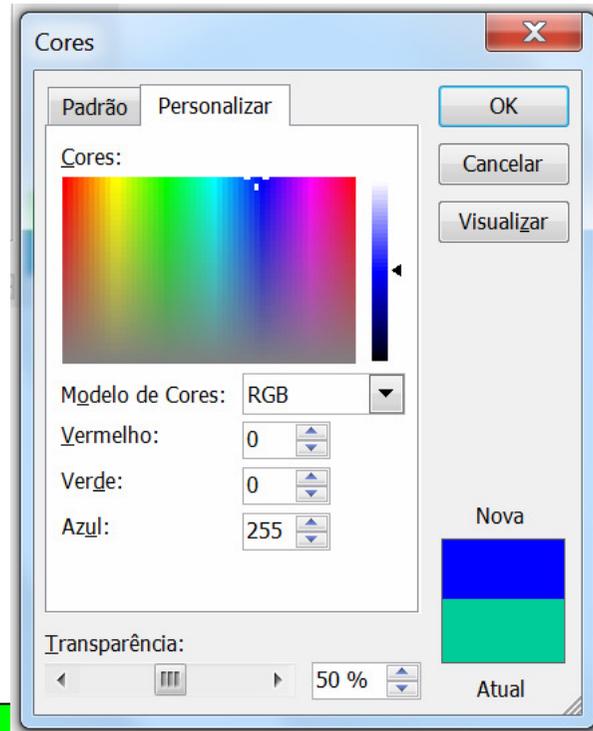
vermelho=(1 , 0 , 0,5)

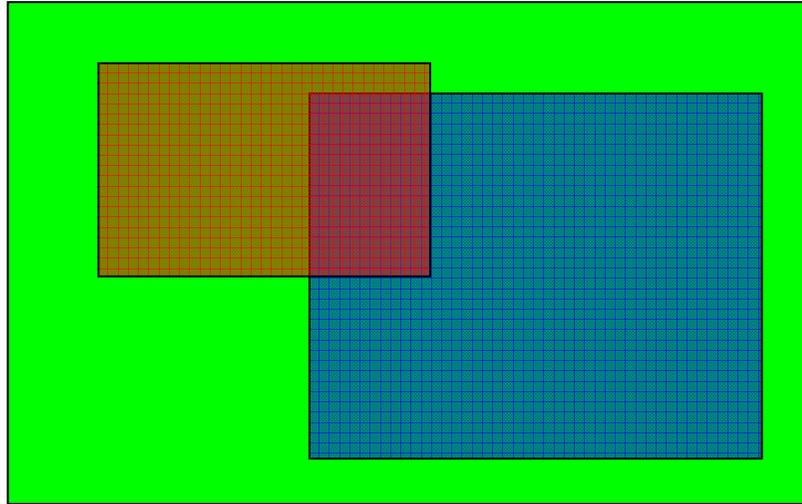


$\text{azul}=(0, 0, 1)$



$\text{azul}=(0, 1, 0.5)$ combinado com o verde





Combinando com o branco ou com o preto se tem os diversos tons dos superfícies das faces de um objeto),

Vermelho mais escuro : (127, 0 , 0)

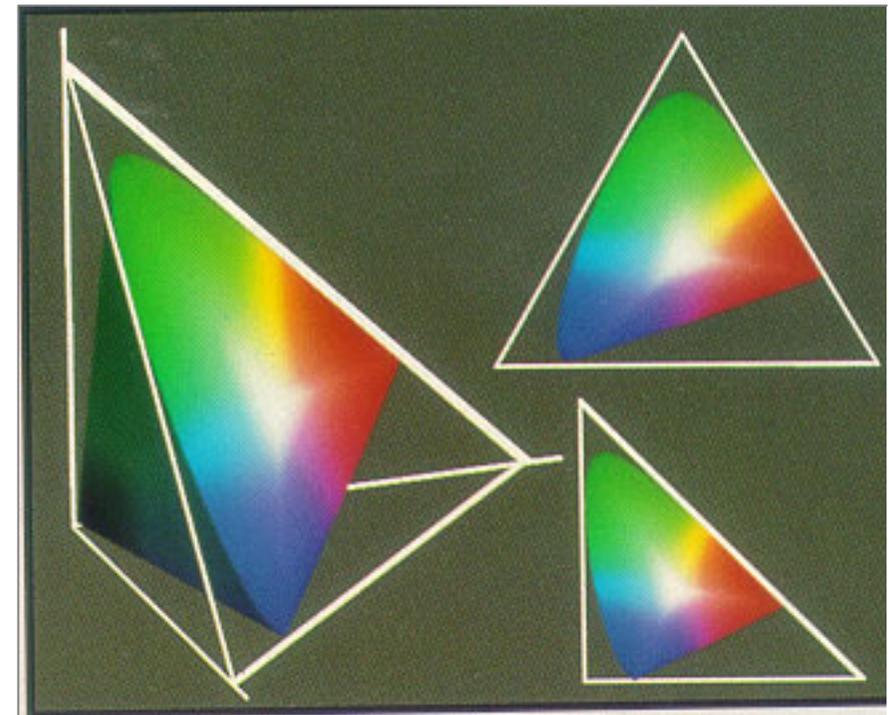
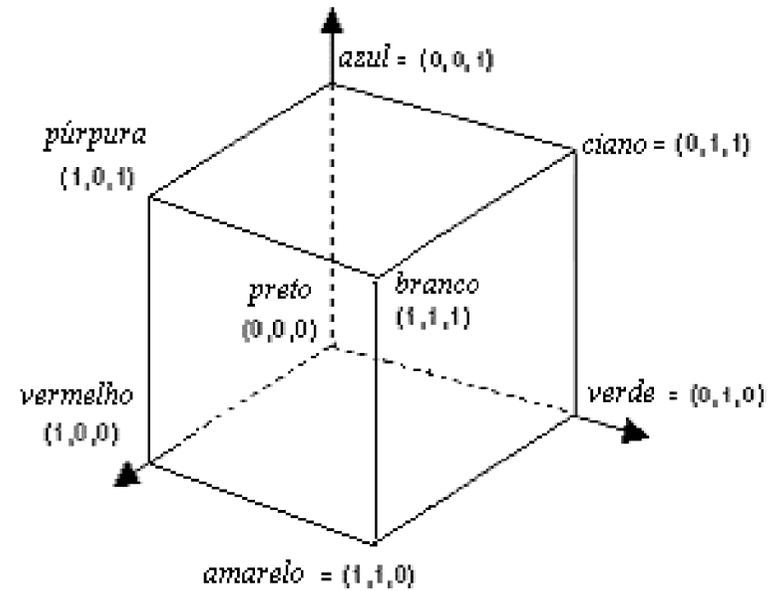
Idem para o Verde (0 , 1 , 0) em porcentagem ou
na forma de 1 byte por canal de cor = (0, 255,0)

E para o azul

**Com essas combinações nos sistemas de cores aditivos se tem o shading
Dos objetos**

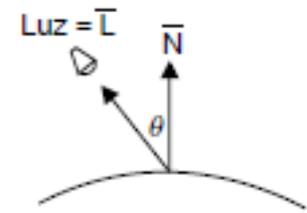
Preto? Branco? Magenta? Ciano?

Cor	R (%)	G (%)	B (%)	
vermelho puro	100	0	0	
azul puro	0	0	100	
amarelo	100	100	0	
laranja	100	50	0	
verde musgo	0	25	0	
salmão	100	50	50	
cinza	50	50	50	



Luz pontual

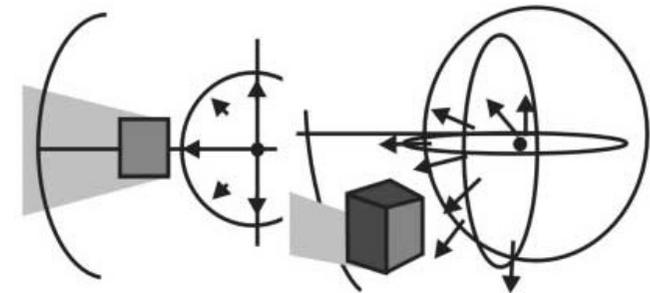
A luz é distribuída a partir de um ponto igualmente em todas as direções.



$$I = I_d r_d \cos \theta$$

Pode deixar as superfícies e as sombras com os limites muito intensos

$$I = I_a r_a + I_d r_d \cos \theta$$



Boa aproximação quando:

- 1) A fonte está suficientemente **distante da cena**.
- 2) A fonte tem **dimensões pequenas** comparadas aos demais objetos.

Caso o ângulo varia ponto a ponto:

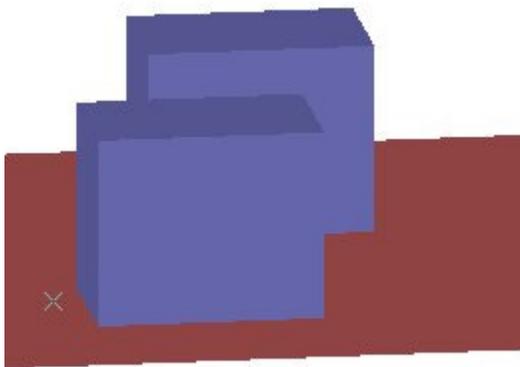
$$I = I_d r_d (\overline{\vec{u}_e \cdot \vec{u}_n})$$

Luz direcional

A **direção da iluminação** é considerada, mas áreas mais distantes e mais próximas com mesmo ângulo em relação a luz são iluminadas igualmente.

Isso **não é muito realístico** pois se espera que áreas mais distantes da luz fiquem mais escuras!

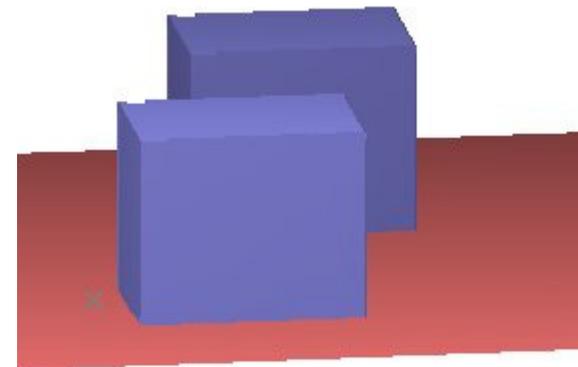
A **atenuação com a distância** pode ser de diversas maneiras: linear, quadrática, com fator de atenuação, associada ou não a constantes, etc.



$$I = I_a \cdot r_a + I_d r_d \cos \theta / (d+k)$$

$$I = I_a \cdot r_a + I_d r_d \cos \theta / (d+k)^2$$

$$I = I_a \cdot r_a + f_{at} I_d r_d \cos \theta$$



Superfícies dos objetos da cena

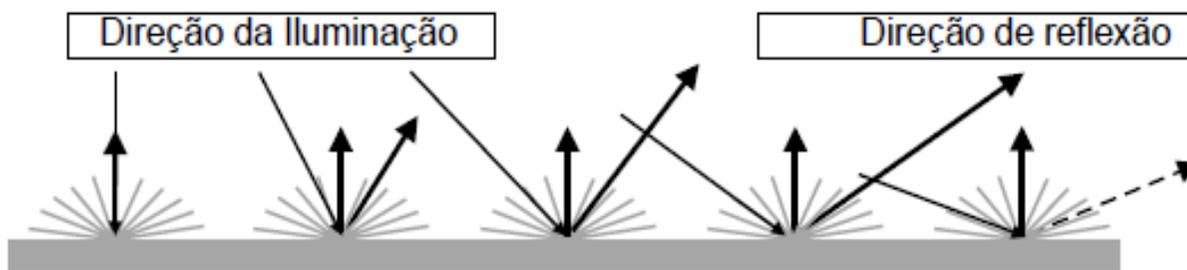
Forma como a luz é refletida pela superfícies:

- **Reflexão difusa** (superfícies foscas, sem lustro ou brilho) – aparece com mesma intensidade em todas as direções (dull, matte)
- **Reflexão especular** – tem um efeito de ter algum brilho , como se fosse de metal, envernizada, polida, plastificada ou encerada.

As superfícies dos objetos da cena

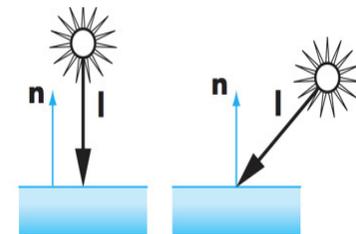
Modelo **Lambertiano** ou de objeto foscos

A intensidade da luz é independente do posição do visualizador da cena. **Iluminação isotrópica**. A intensidade luminosa obedece a **lei dos cossenos de Lambert**



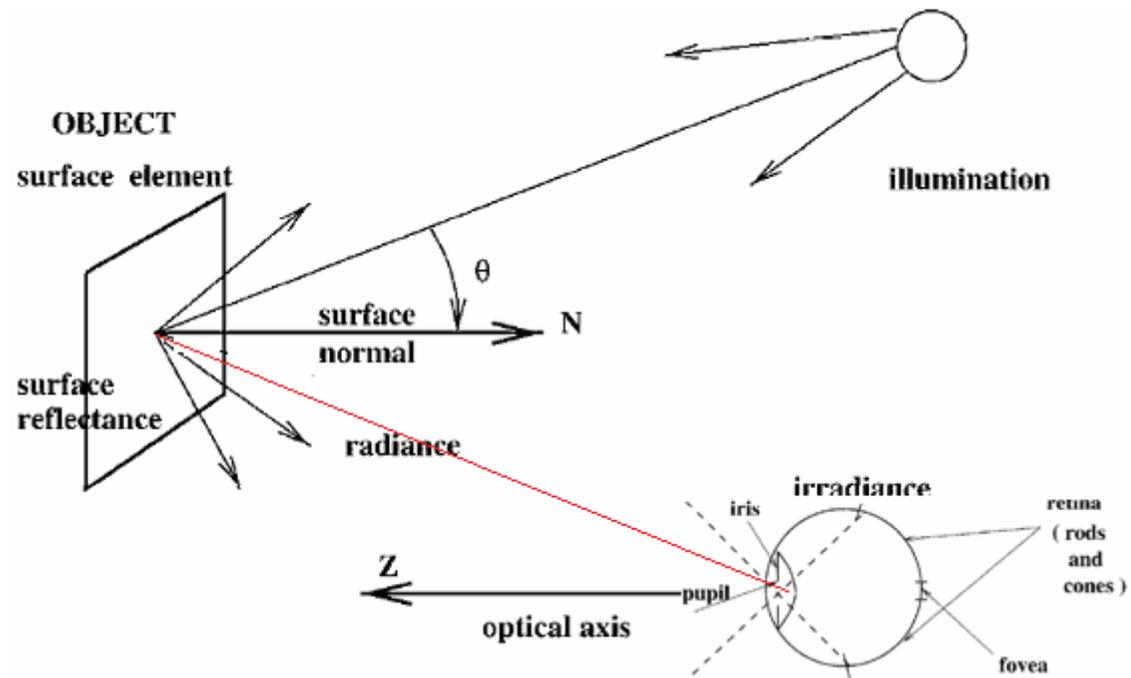
$$I_d = k_d(\mathbf{l} \cdot \mathbf{n})L_d.$$

$$\cos \theta = \mathbf{l} \cdot \mathbf{n}.$$



Principais “atores” do processo de iluminação colorida

Superfícies interagindo com os comprimentos de ondas da luz branca: a reflexão e a absorção influenciam a cor que a superfície aparenta ter.



Johann Heinrich Lambert (1728-1777)

Físico, matemático, astrônomo e filósofo suíço. Foi um dos criadores da fotometria e autor de trabalhos inovadores sobre as geometrias não euclidianas. Provou que o π é irracional.

Em 1760, ele publicou o livro : Photometria. Considerando que a luz viaja em linha reta, mostrou que a iluminação é proporcional à intensidade da fonte, inversamente proporcional ao quadrado da distância da superfície iluminada e ao ângulo de inclinação da direção da luz com a superfície. Estes resultados foram apoiados por observações e experiências.

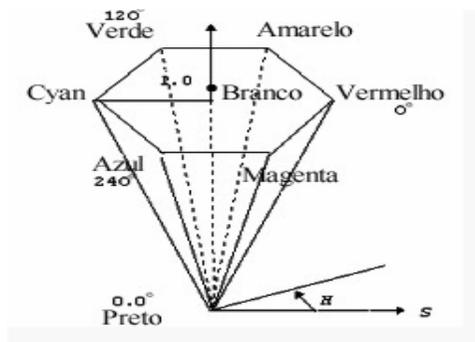
Em Photometria Lambert também formulou a lei da absorção da luz e introduziu o termo albedo. A unidade fotométrica Lambert é em reconhecimento ao seu trabalho.

Lambert também foi pioneiro no desenvolvimento de modelos de cores tridimensionais combinando pigmentos vermelhos, amarelos e azuis, e com branco.

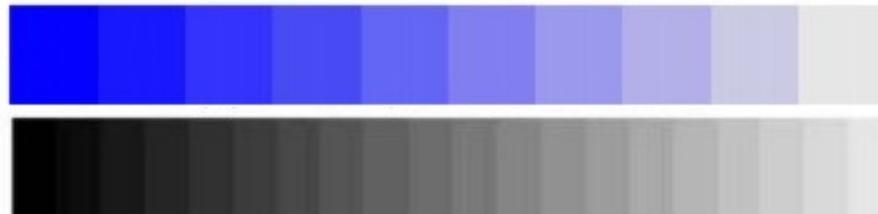
3 cores primarias: vermelho, amarelo e o azul.

Função das cores dos objetos

Dependendo da forma de representação se usam as expressões anteriores separadamente para cada canal **RGB**, ou **HSV**, ou seja considerado I =cada canal da imagem:



$$I_l = I_{al} \cdot r_{al} + f_{at} I_{dl} (r_{dl} \cos \theta) + f_{at} I_d r_s \cos^n \alpha$$



$$C = r R + g G + b B$$

onde **R**, **G** e **B** são as cores primárias e r , g e b os coeficientes da mistura

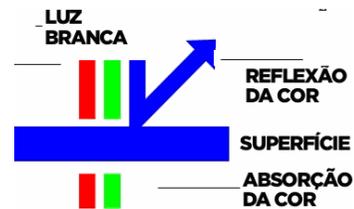
Reflexão especular

Em algumas superfícies funcionam como “espelhos” onde os **fótons não interagem com os pigmentos**, refletindo toda a cor original que nelas chega.

Modelos:

Cook-Torrance

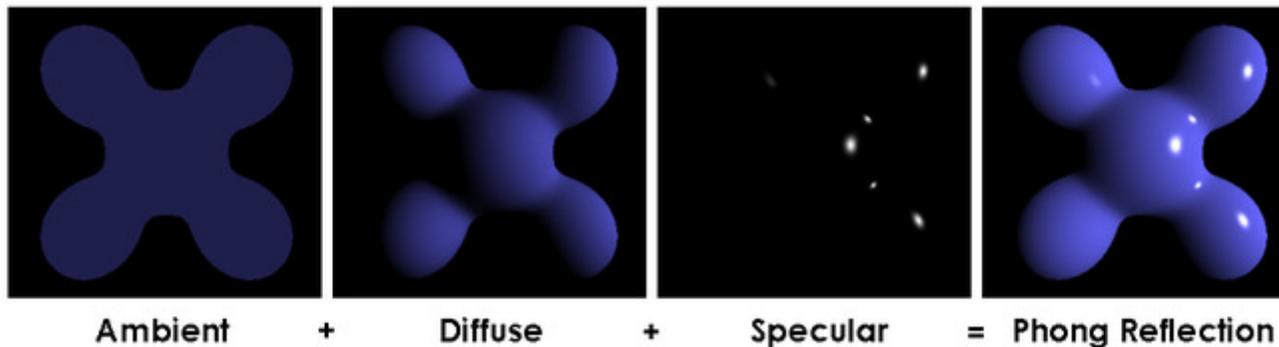
Phong



Phong reflection model

Empírico e local.

Combina luz difusa (superfícies foscas) e especular (superfícies com brilho)



Luz branca e objeto azul

Bui Tuong Phong (1942- 1975)

Vietnamita, nascido em Hanoi, (Bui é o sobrenome e Phong seu nome, no Vietnam como o Brasil se considera muito o primeiro nome). Se formou como engenheiro em Toulouse, e entrou para o IRIA (*Institut de Recherche en Informatique et en Automatique*) em 1968. Ph.D. na University of Utah em 1973. Professor da Universidade de Stanford até morrer de leucemia.

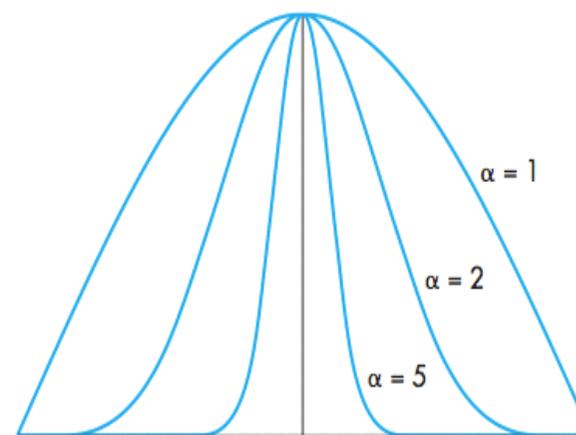
No modelo de Phong a **intensidade luminosa** é proporcional ao ângulo entre o observador e a direção de reflexão

Usando parâmetros **R** entre zero e um:

$$I = I_a + I_d + I_s = L_a R_a + L_d R_d + L_s R_s$$

$$I_s = k_s L_s \cos^\alpha \phi.$$

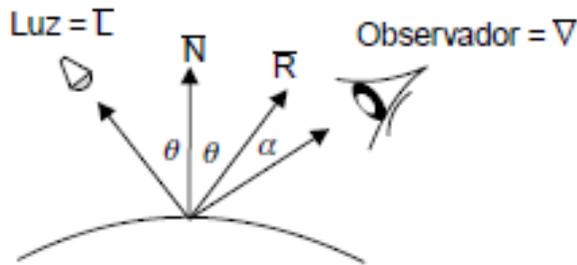
$$\cos \phi = \mathbf{r} \cdot \mathbf{v}$$



Phong reflection model

Aparece mais um ângulo na expressão!

$$I = I_a \cdot r_a + f_{at} I_d (r_d \cos \theta + r_s \cos^n \alpha)$$



$$I = I_a \cdot r_a + f_{at} I_d (r_d (u_e \cdot u_n) + r_s (u_r \cdot u_v)^n)$$

Múltiplas fonte:

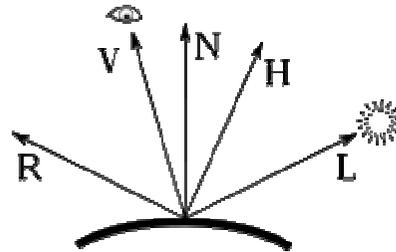
$$I = I_a \cdot r_a + \sum_{j=1}^J I_{dj} (r_d (u_{ej} \cdot u_n) + r_s (u_{rj} \cdot u_v)^n) / (d_j + k_j)$$

ou

$$I = I_a \cdot r_a + \sum_{j=1}^J f_{atj} I_{dj} (r_d (u_{ej} \cdot u_n) + r_s (u_{rj} \cdot u_v)^n)$$

Outros:

ângulo entre o observador e a direção de reflexão é substituído pelo metade do ângulo que a luz refletida faz com a normal



Uma alternativa ao modelo de luz especular de Phong é o uso do vetor de *intensidade de luz especular máxima* ou *vetor de caminho médio*, H, esse vetor é definido usando a direção da fonte de luz, L, e de visualização, V, como:

$$\bar{H} = \frac{\bar{L} + \bar{V}}{|\bar{L} + \bar{V}|} \text{ ou } \bar{H} = (\bar{L} + \bar{V})/2 \text{ se } |\bar{L}| = |\bar{V}| = 1$$

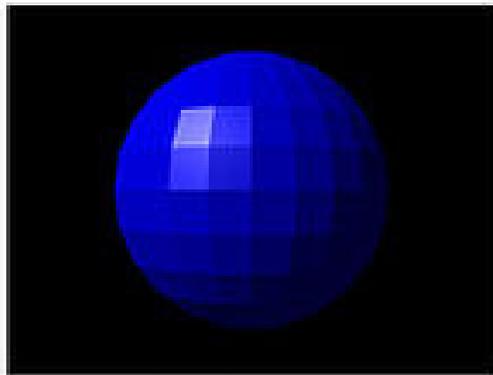
Flat shading

Produz bons resultados apenas se o objeto for mesmo de faces planas.

Cada polígono que compõem o objeto tem seu tom baseado no ângulo de sua normal com a direção da luz, sua cor e a cor da fonte de luz.

De modo que toda a face tem um tom constante.

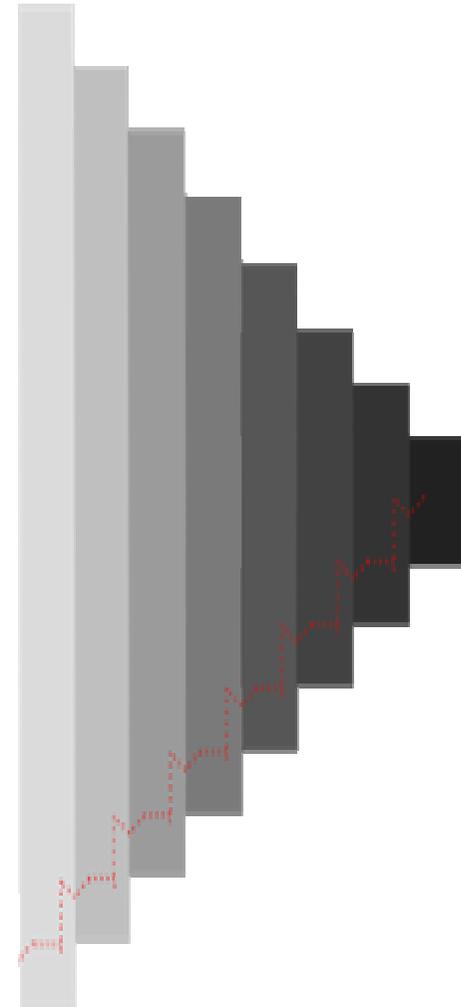
Efeito de bandas de Mach



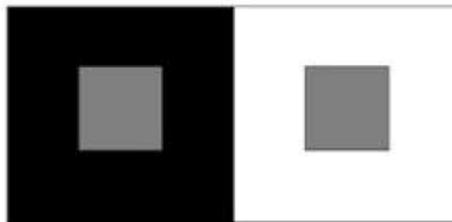
FLAT SHADING

As bandas de Mach

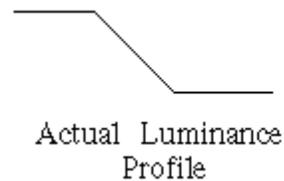
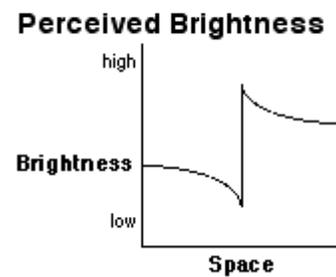
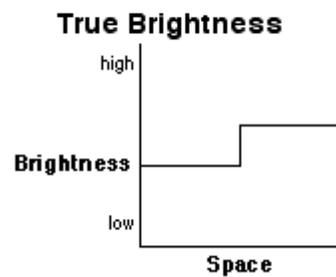
são efeitos de intensificação de contraste observados pelo olho humano: diferente gradiente de luminosidade tem sua fronteira com contraste amplificado. O nome desta ilusão é uma referência a Ernst Mach.



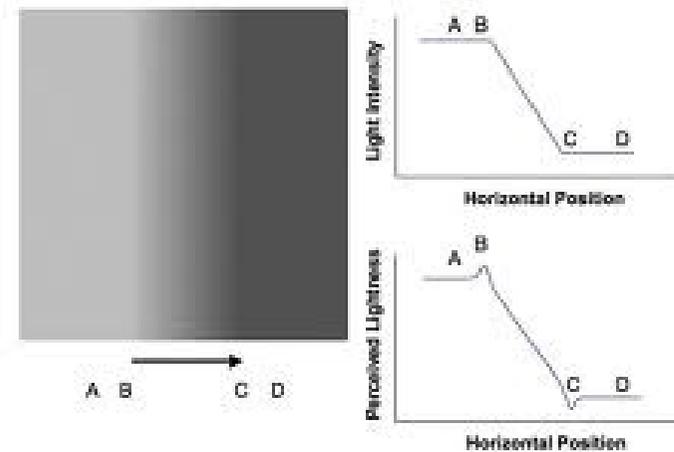
Bandas de Mach, intensidades constantes ou variações de intensidade constantes



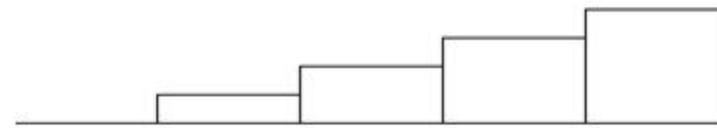
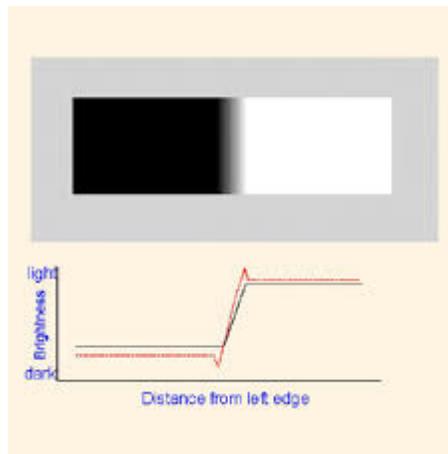
How the eye works



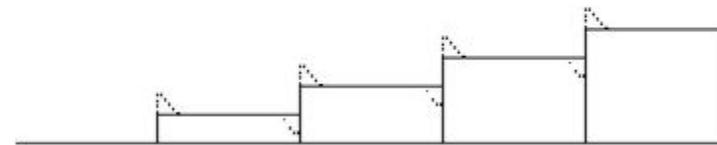
Mach bands



Mach Bands:
Perceived changes in luminance near the edges of a luminance gradient.



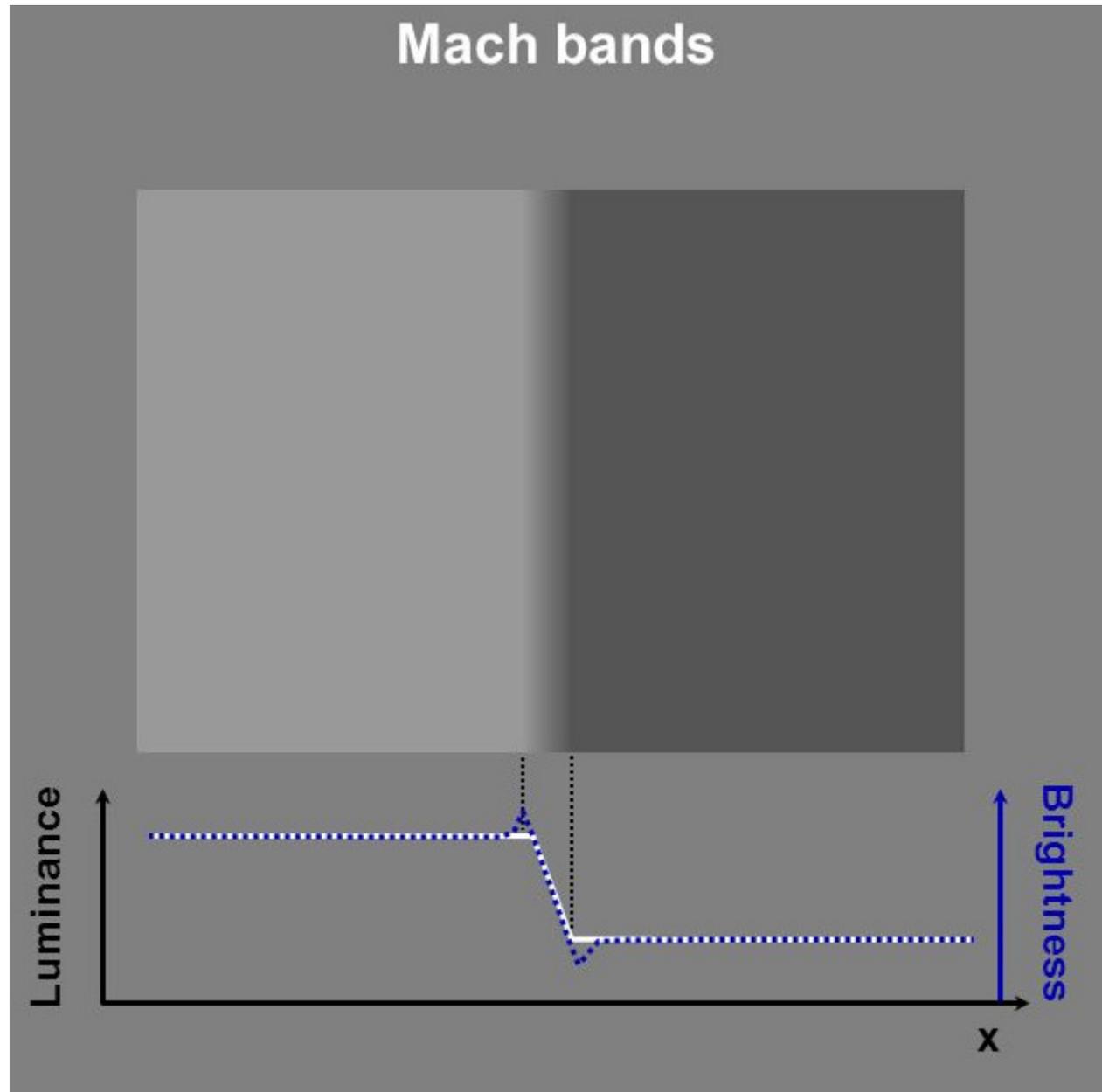
signal original



signal avec Mach bands

Bandas de Mach, intensidades constantes ou variações de intensidade constantes

Bandas de Mach,
intensidades constantes
ou variações de
intensidade constantes



Ernst Waldfried Josef Wenzel Mach

(Brno, 1838 — Vaterstetten, 1916) foi um físico e filósofo austríaco. austríaco.2

Foi professor de matemática em Graz.

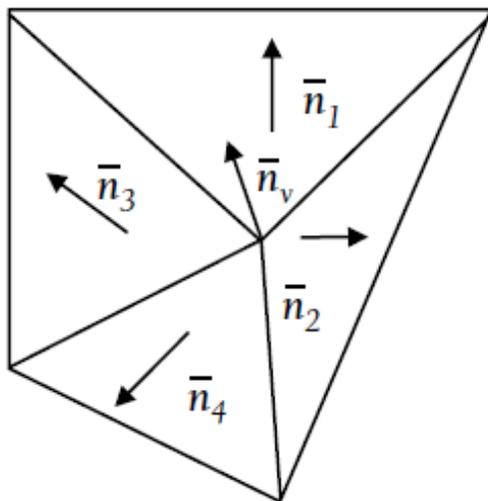
Depois de física em Praga, quando opôs-se à introdução da língua tcheca como idioma oficial na mesma universidade, alinhando-se entre os partidários da dominação alemã na região.

Smooth shading

O sombreamento varia de pixel para pixel:

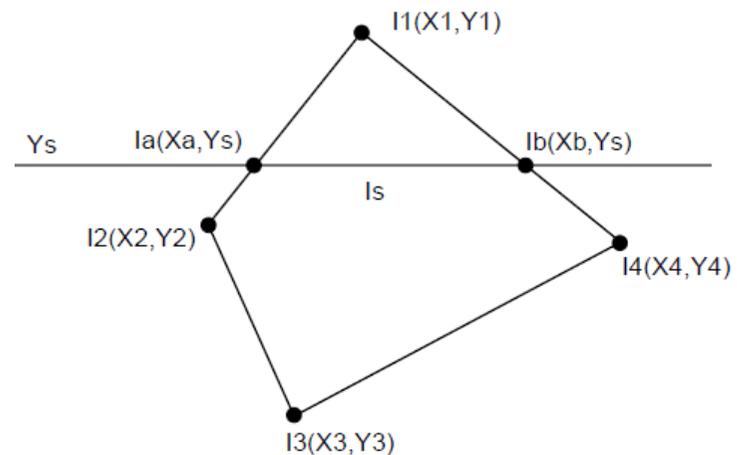
Gouraud shading – calcula a iluminação dos vértices e faz interpolação linear no interior.

Supõem a normal nos vértices como média das normais das faces que chegam ao vértice.



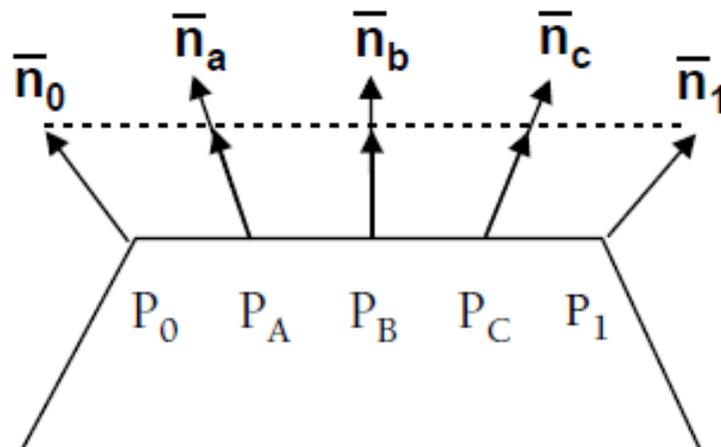
$$\bar{n}_i = \frac{n_i}{|n_x| + |n_y| + |n_z|}$$

$$n_v = \sum_{i=1}^k \frac{\bar{n}_i}{k}$$



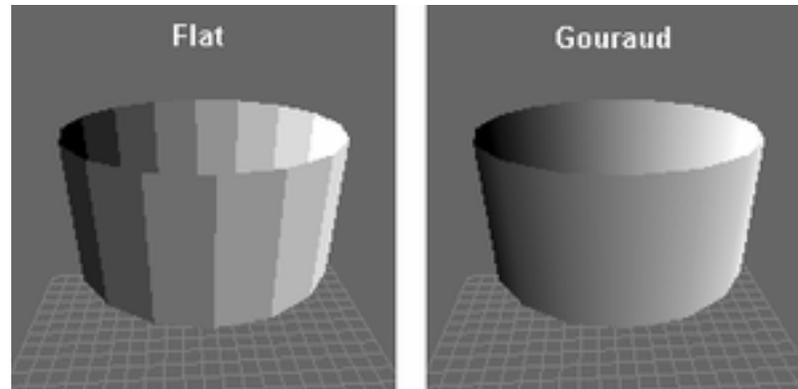
Smooth shading

Phong shading – faz a interpolação das normais dos polígonos já rasterizados para daí calcular o tom do ponto da superfície



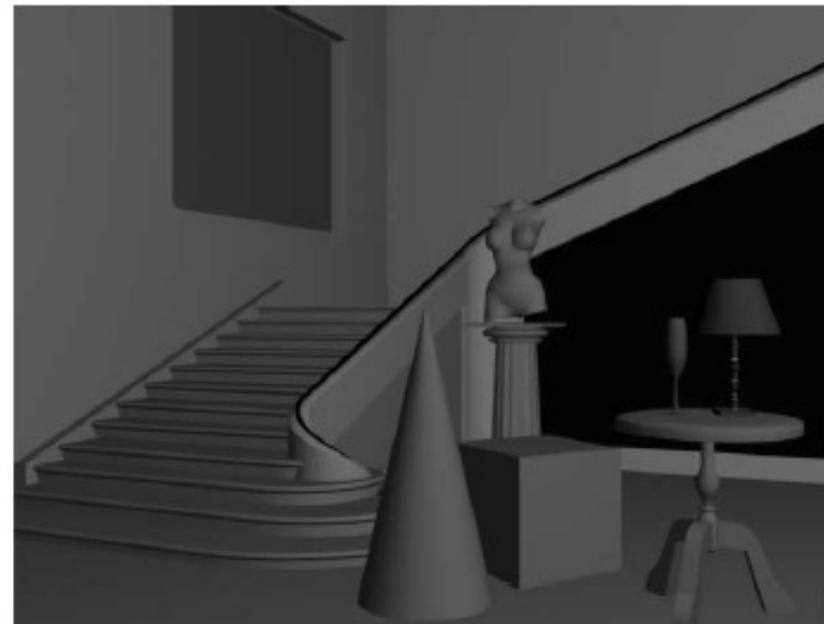
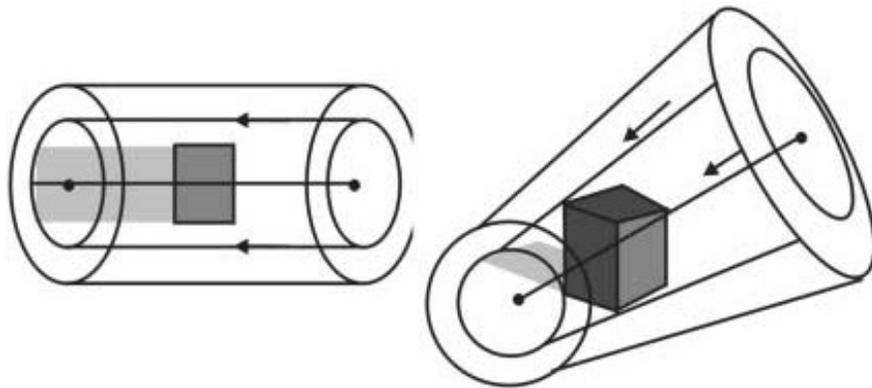
Henri Gouraud (1944- ...)

Frances, estudo de 1964–1967 na Escola Central de Paris, em 1971 recebeu seu Ph.D. pela Universidade de Utah pelo trabalho de titulo: **Computer display of curved surfaces**



Luz direcional

A direção da iluminação é considerada, mas áreas mais distantes e mais próximas com mesmo ângulo em relação a luz são iluminadas igualmente



Tratamento de Iluminação especular

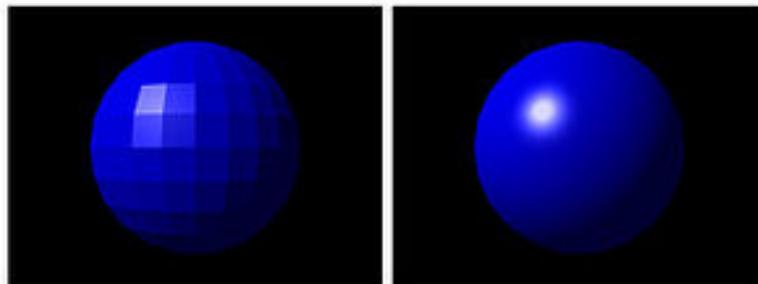
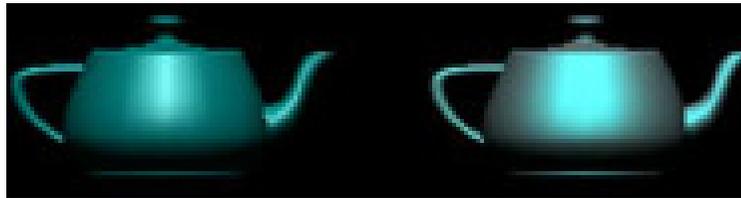
Shininess Coefficient

Ou coeficiente de brilho da luz especular:

Metais entre 100 e 200

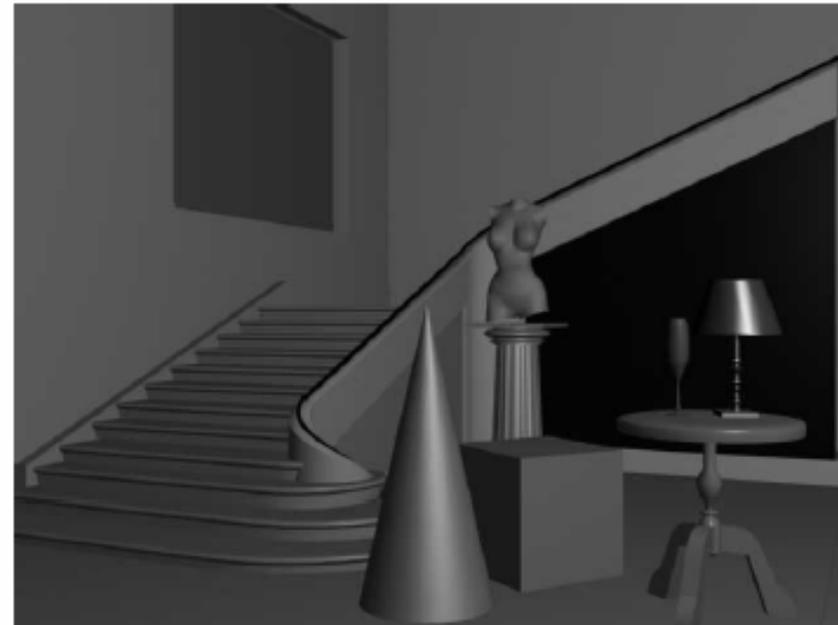
Plástico entre 5 e 10

Única diferença é o coeficiente de brilho da luz especular



FLAT SHADING

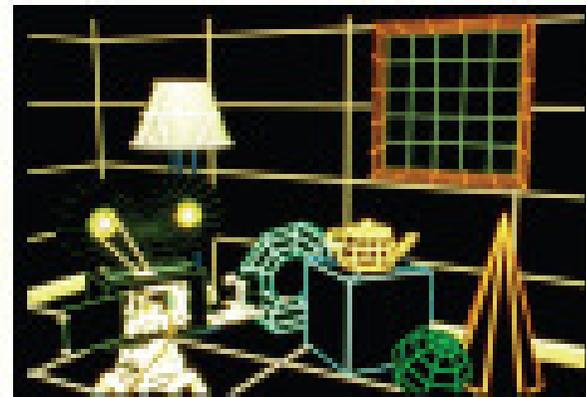
PHONG SHADING



Próximos capítulos...



Texturas:
**Texture
mapping**



Bibliografia:

E. Azevedo, A. Conci, *Computação Gráfica: teoria e prática*, Campus ; - Rio de Janeiro, 2003

J.D.Foley,A.van Dam,S.K.Feiner,J.F.Hughes. *Computer Graphics- Principles and Practice*, Addison-Wesley, Reading, 1990.

H. Watt, F. Policarpo - *The Computer* ,
Addison-Wesley Pub Co (Net); 1998

http://en.wikipedia.org/wiki/Shadow_mapping

https://noppa.oulu.fi/noppa/kurssi/521493s/luennot/521493S_3-d_graphics_vi.pdf

<http://graphics.stanford.edu/papers/rad/>