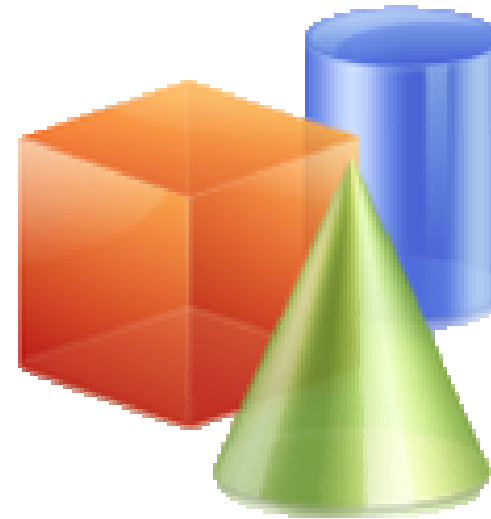


**Linda Iluminação,
mas não real!!**



Porque?

Aula 14

Iluminação fases plana e curvas

IC/UFF – 2017/2

Superfícies dos objetos da cena

Informa 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); e
- Reflexão **especular** – tem um efeito de ter algum brilho , como se fosse de metal, ou encerada.

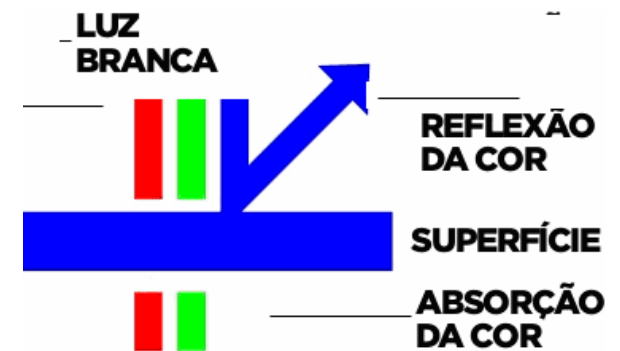
Reflexão difusa e ambiente são funções das cores dos objetos

Se usa separadamente para cada elemento do HSV uma variação tonal considerado :

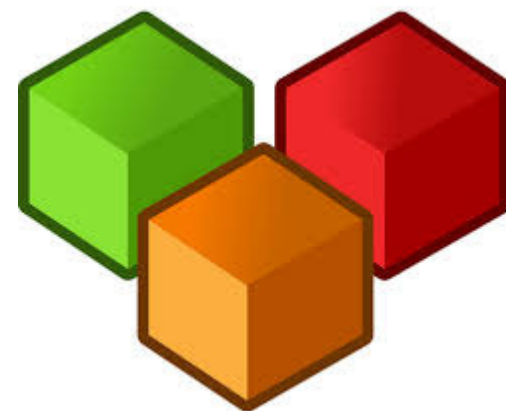
I=cada canal da imagem,

I = H,S,V: onde o H é mantido constante e se varia o S e o V para fazer as variações tonais

$$\begin{aligned} I &= I_a + I_d \\ &= L_a R_a + L_d R_d \end{aligned}$$



Usando parâmetros **R** entre 0 e 1 para cada S e V da cor:

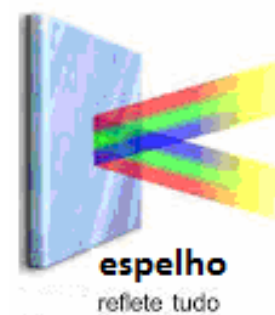


Reflexão especular

Corresponde a um “*brilho*” concentrado nas superfícies onde os fótons da luz que nela chega não interagem com os pigmentos, refletindo toda a cor original que nelas chega.

Modelo:

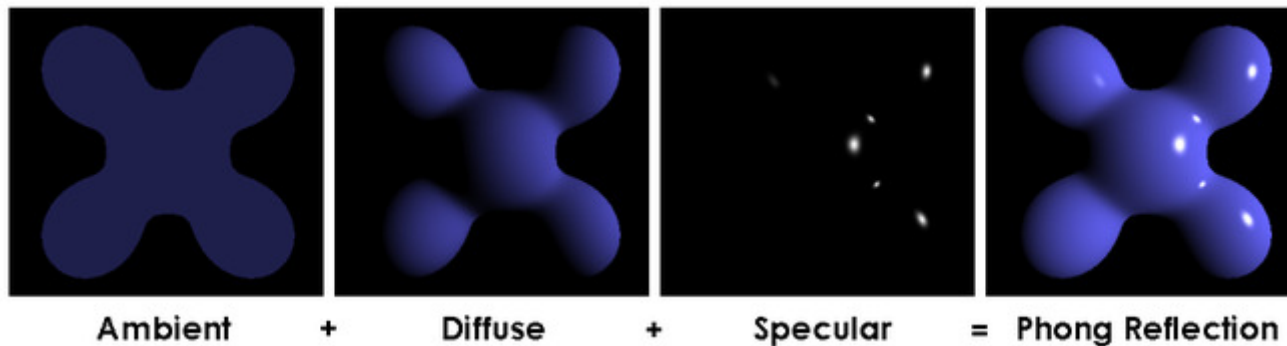
Como só função da luz
Que ilumina a superfície



Modelo de Phong para luz refletida especular

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

O *brilho* é branco quando iluminado por uma luz branca!



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 mais 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.

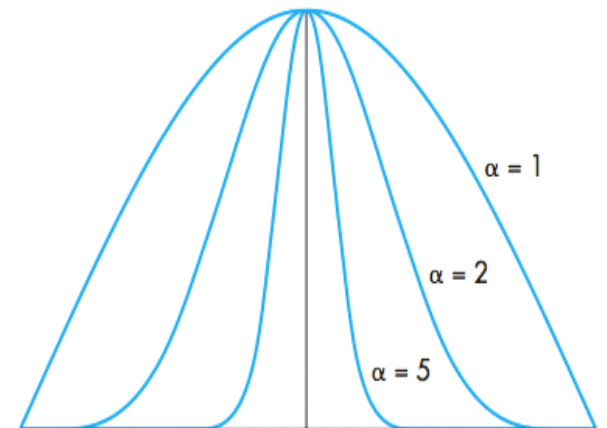
No **modelo de luz especular de Phong** a **intensidade luminosa** é proporcional ao **ângulo ϕ** entre o observador (*viewer* – \mathbf{v}) e a **direção de reflexão** (\mathbf{r}).
Um **fator de decaimento do brilho**, **alfa** - α , faz esse parecer mais espalhado ou mais concentrado e assim a superfície tem uma aparência de mais (ou menos) lustra ou mais (ou menos) espelhada!

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

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

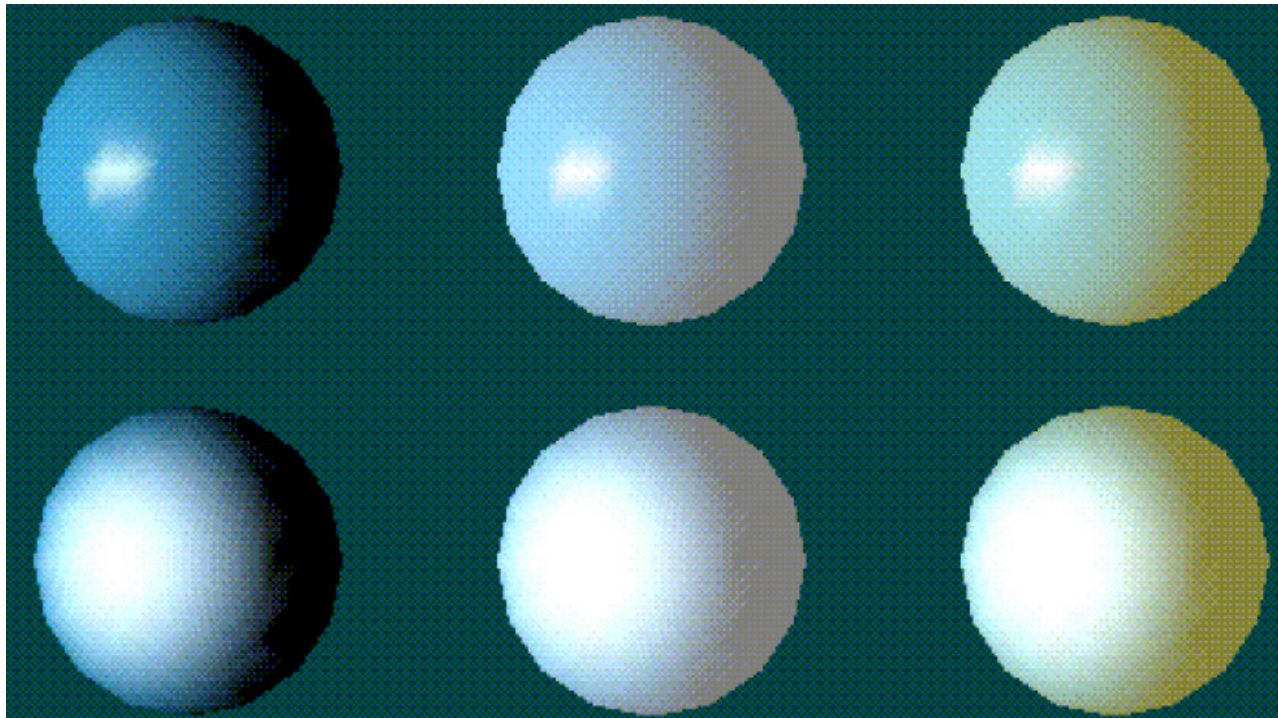
$$I_s = k_s L_s \cos^\alpha \phi .$$

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

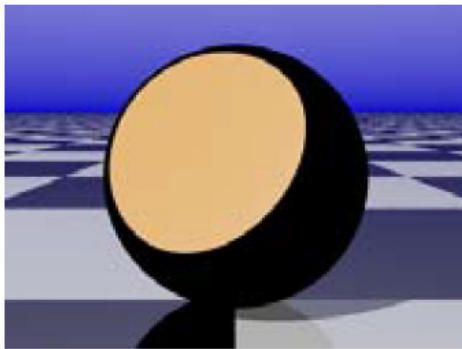


Efeito de ir diminuindo o *alfa* - α :

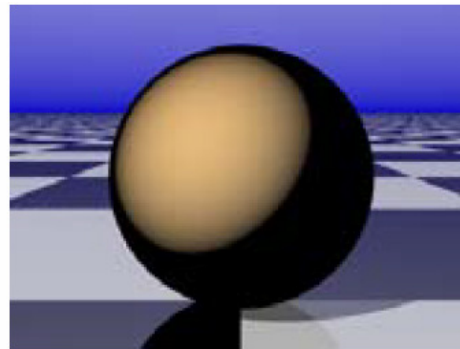
faz esse parecer mais espalhado ou mais concentrado e assim a superfície tem uma aparência de mais (ou menos) lustra ou mais (ou menos) espelhada!



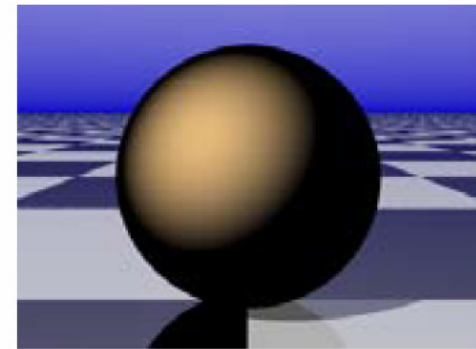
Em algumas referências o ângulo ϕ é representado como sendo *alfa* - α e o fator de decaimento do brilho como *n* ou *p*, vejam o efeito em uma luz laranja!



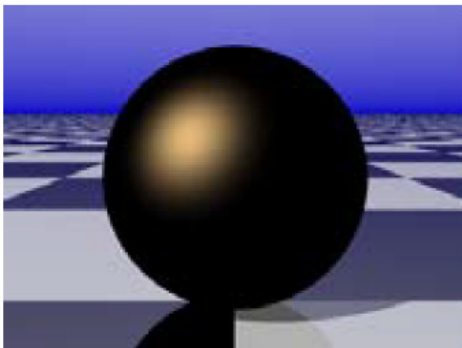
$p = 0$



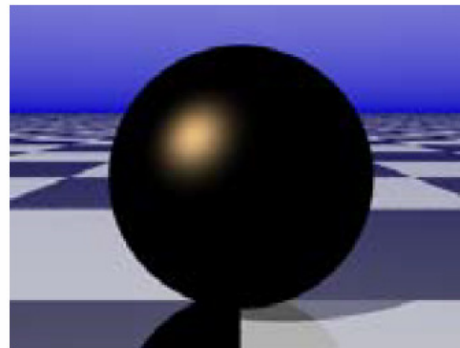
$p = 1$



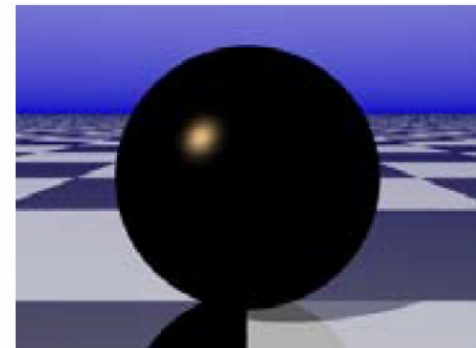
$p = 2$



$p = 10$



$p = 25$

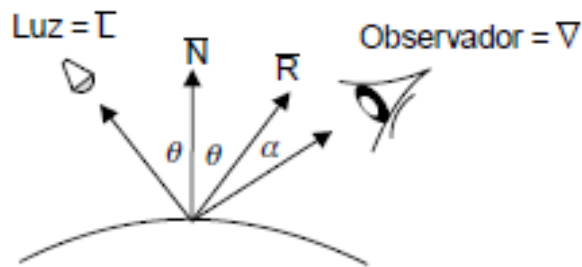


$p = 100$

No modelo de reflexão de luz especular de Phong ou Phong reflection model

Aparece mais um ângulo e um parâmetro na expressão!

Abaixo o ângulo ϕ é representado como sendo *alfa* - α e o fator de decaimento do brilho como n :



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

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

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

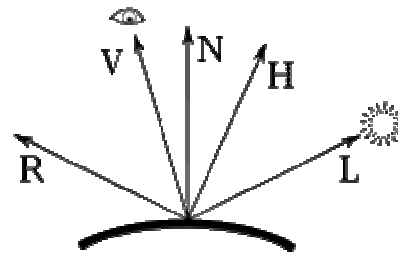
ou

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

Múltiplas fonte:

Outros modelos de calculo da intensidade luminosa de cada ponto de uma superfície:

Uma forma simplificada é considerar que o ângulo entre o observador e a direção de reflexão é substituído pela metade do ângulo que a luz refletida faz com a normal da superfície no ponto considerado.

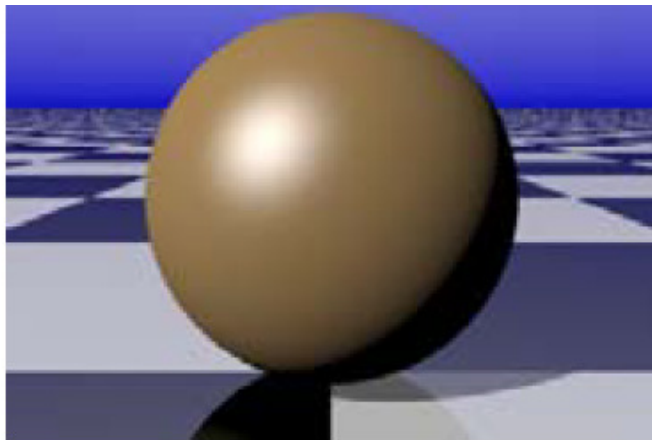


Uma alternativa ao modelo de luz especular de Phong é o uso do vetor de *intensidade de luz especular máxima* ou *vetor de caminho médio*, H , esse vetor é definido usando a direção da fonte de luz, L , e de visualização, V , como:

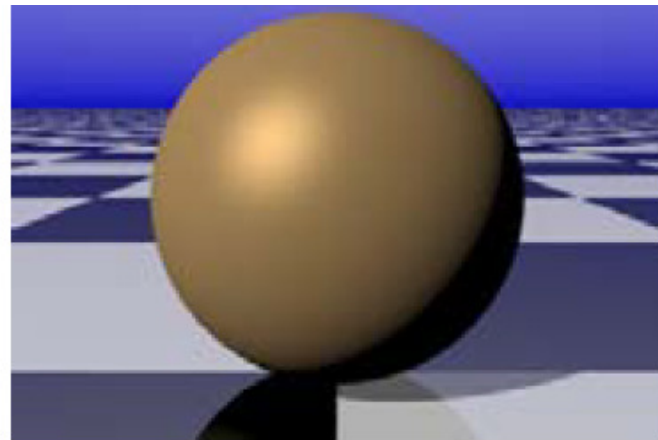
$$\bar{H} = \frac{\bar{L} + \bar{V}}{|\bar{L} + \bar{V}|} \text{ ou } \bar{H} = (\bar{L} + \bar{V})/2 \text{ se } |\bar{L}| = |\bar{H}| = 1$$

Tipos de materiais renderizados

Se relacionam concentração do brilho:



plastic look



metallic look

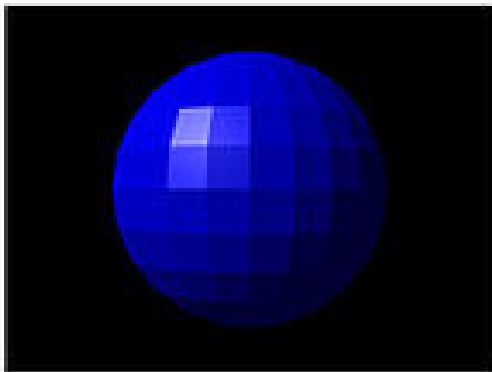
Flat shading

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.

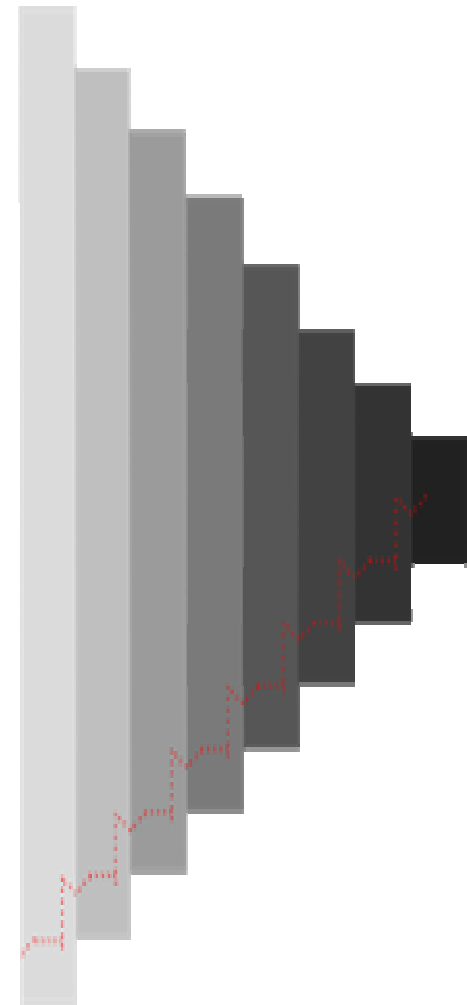
Efeito de bandas de Mach



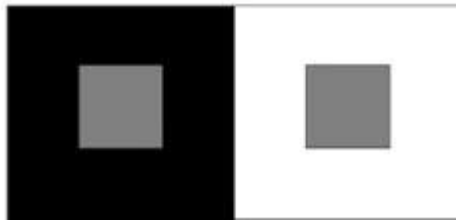
FLAT SHADING

As bandas de Mach

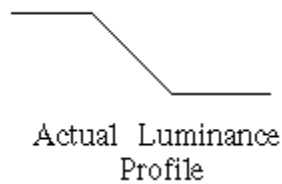
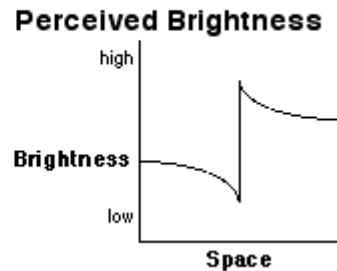
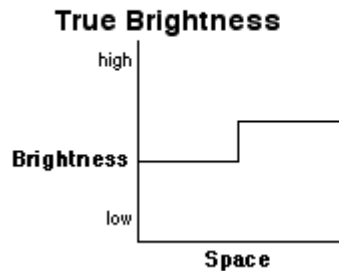
são efeitos de intensificação do contraste observado pelo olho humano: diferente gradiente de luminosidade **tem sua fronteira com contraste amplificado**. O nome desta ilusão é uma referência a Ernst Mach.



Bandas de Mach, intensidades constantes ou variações de intensidade constantes

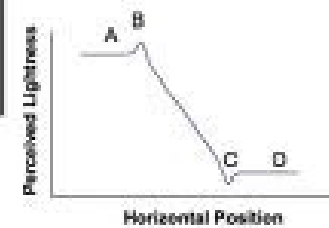
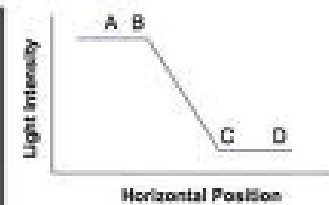
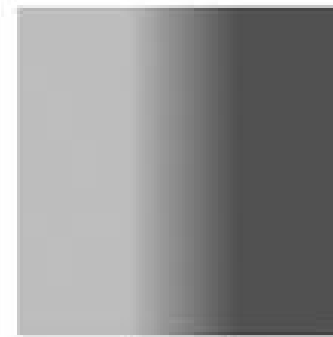


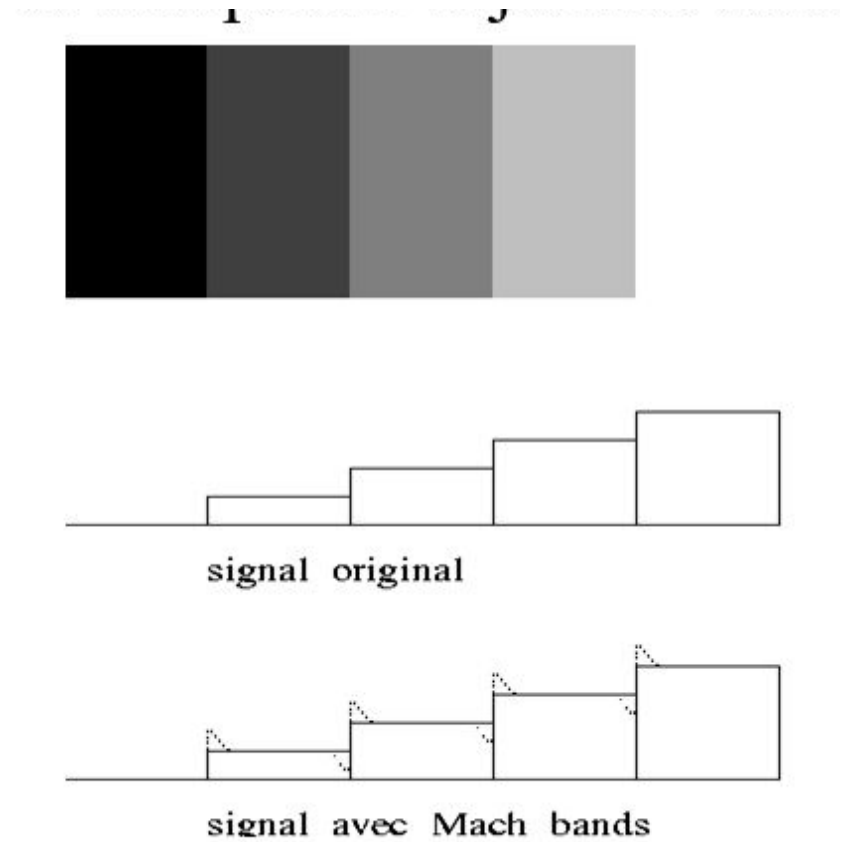
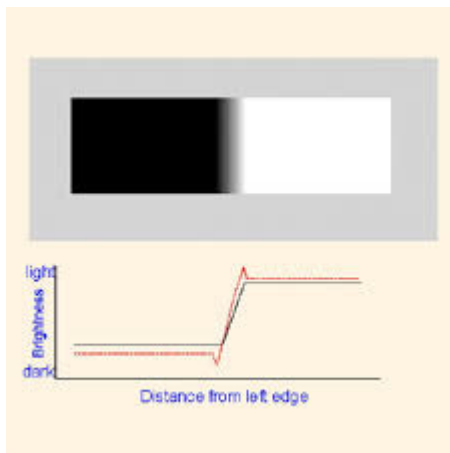
How the eye works



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

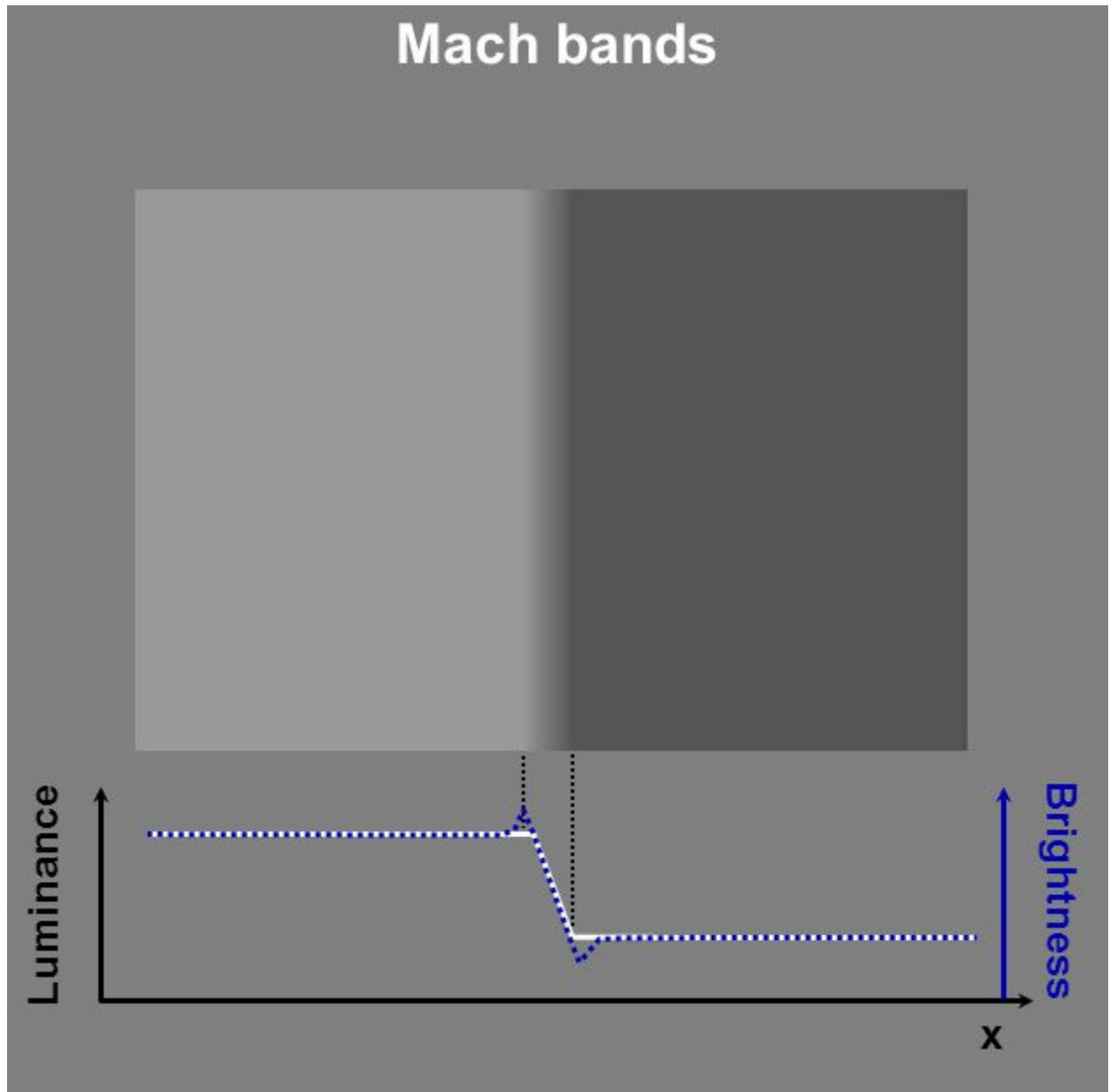
Mach bands



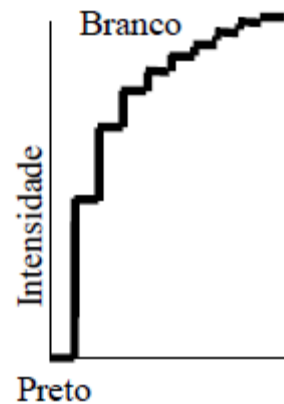
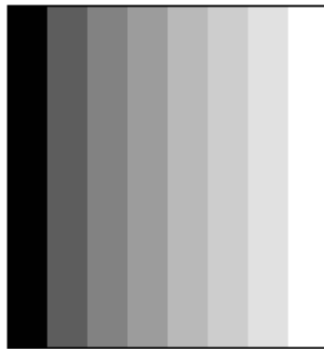
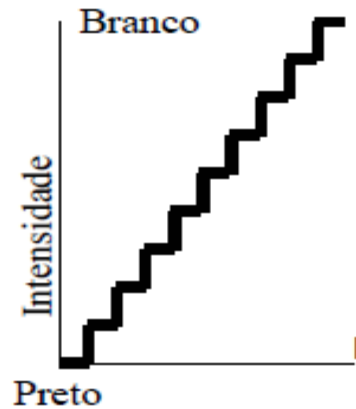
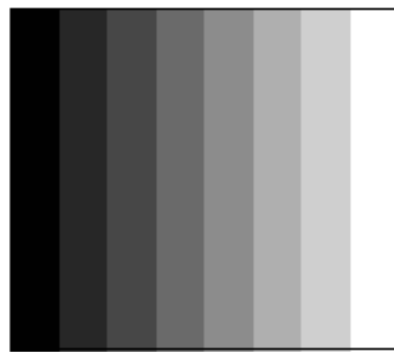


Bandas de Mach, intensidades constantes ou variações de intensidade constantes

Bandas de Mach,
intensidades constantes
ou variações de
intensidade constantes

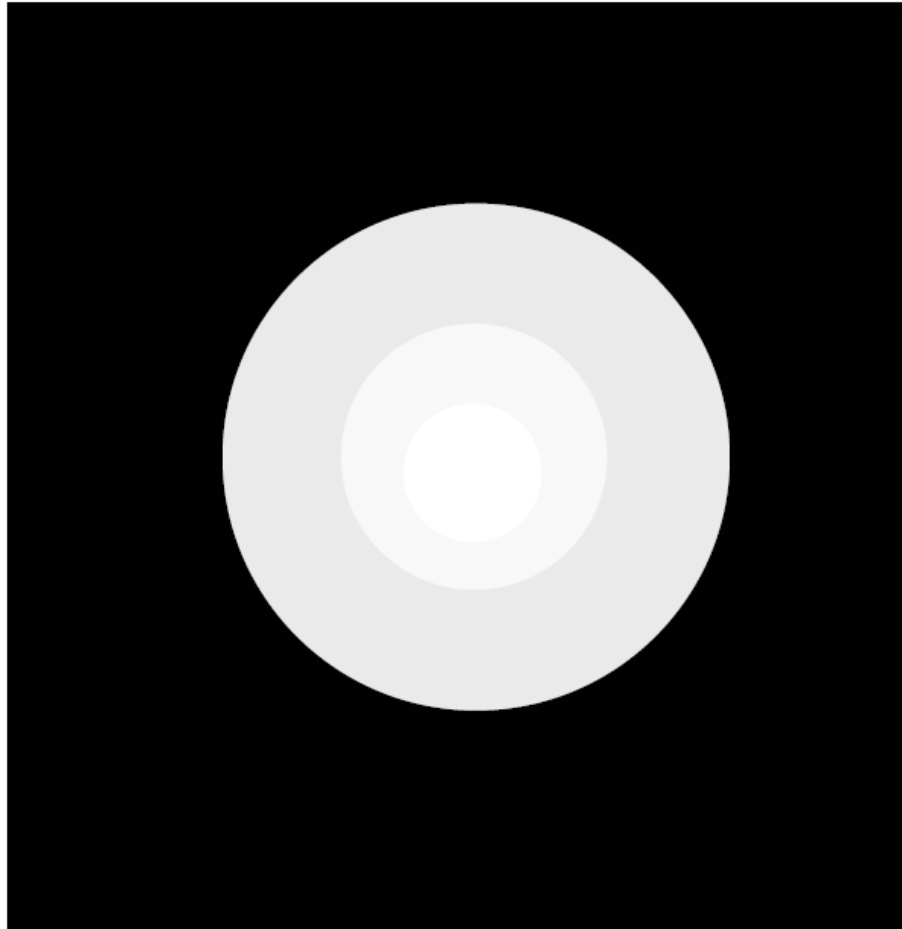


Amplificação da sensação de bordas entre regiões de tom constantes ou com variação a taxa constante.



– Nas intensidades mais escuras a percepção de variação tonal é menor nos cores aditivas mostrada relação não constante entre o acréscimo da intensidade e sua percepção, o que mostra a importância dos espaços de cores perceptualmente lineares.

Há 4 faixas tonais



Ernst Waldfried Josef Wenzel Mach

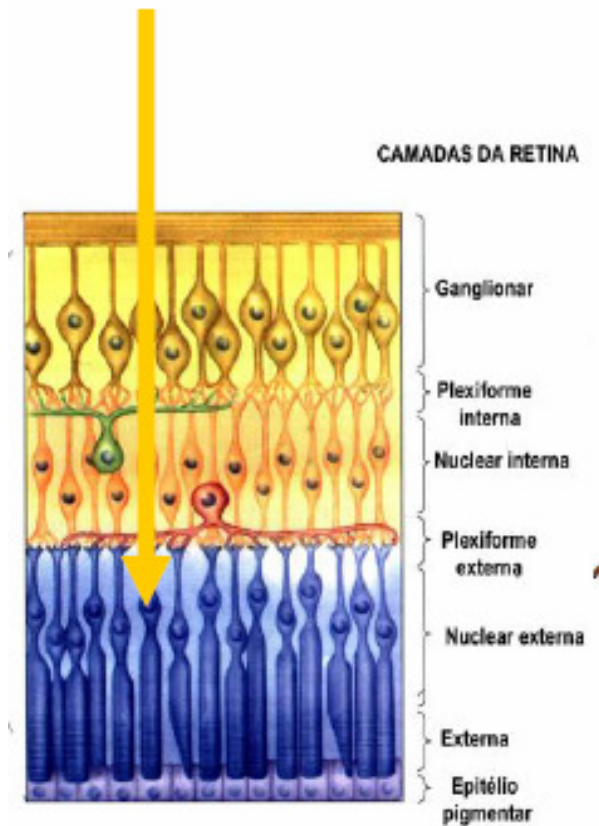
(Brno, 1838 – Vaterstetten, 1916) foi um físico e filósofo austríaco. austríaco.2

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.

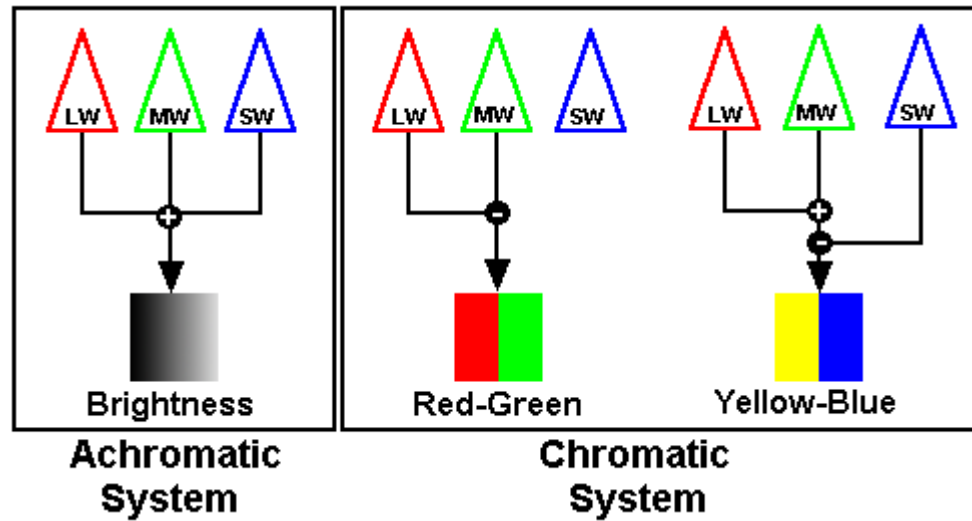
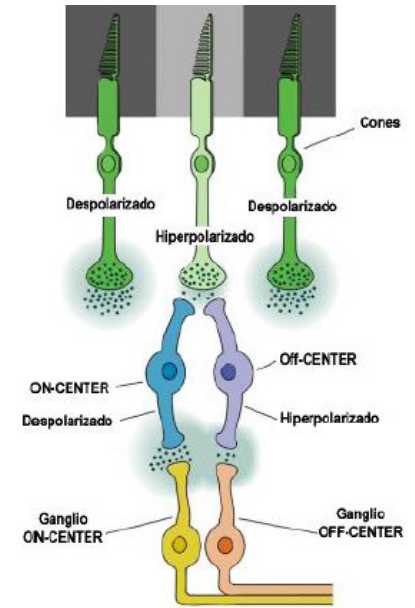
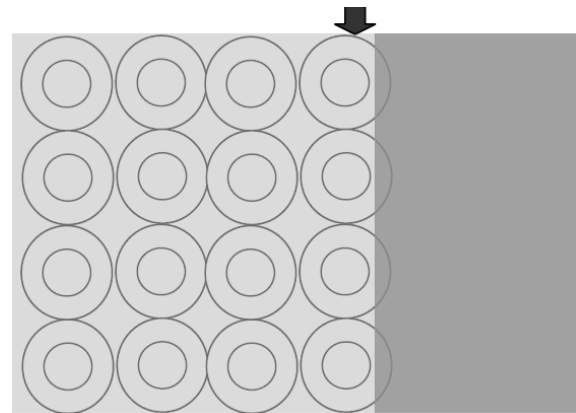
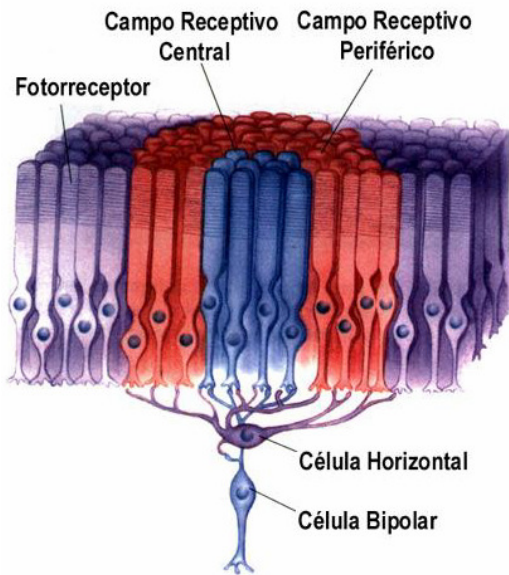
Esse é um efeito a nível de retina

Causado pelas ligações das diversas células que compõem a retina, antes do sinal sair do olho em direção ao cérebro.

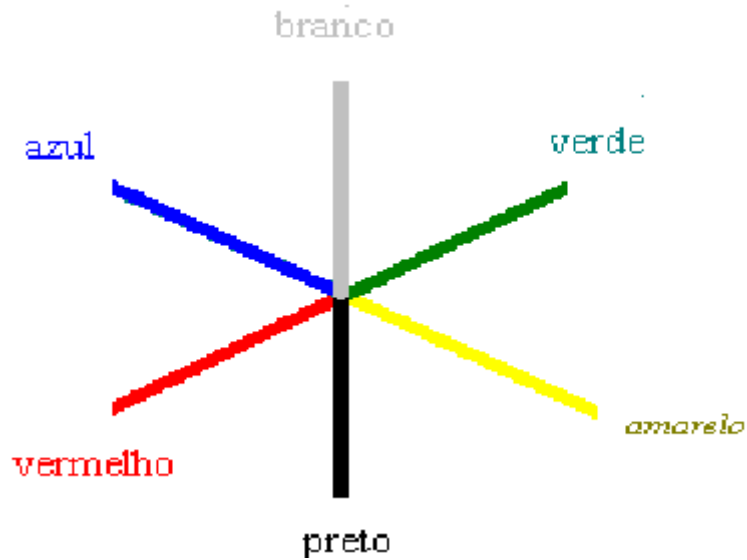


Explicado nos espaços de **cores oponentes**

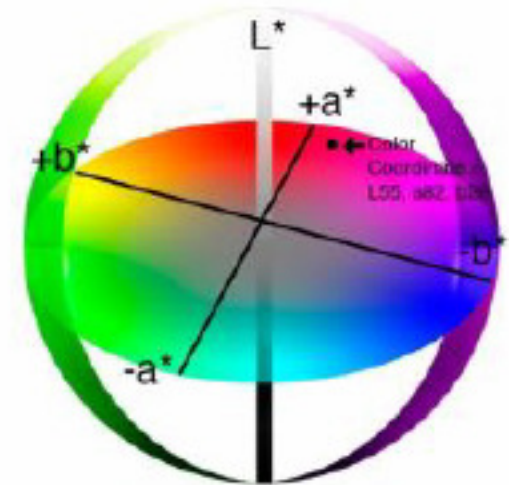
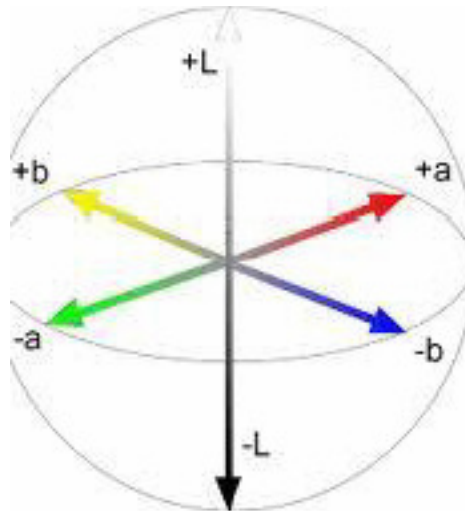
o
Au
me
nto
do
con
tras



Espaços de cores oponentes



atualmente um dos mais usados é o Lab:



Segundo Trabalho de Programação:

Usando apenas os conceitos dados nas aulas *renderize* seu sólido do Trabalho 1 com os requisitos 1 e 2 abaixo descritos.

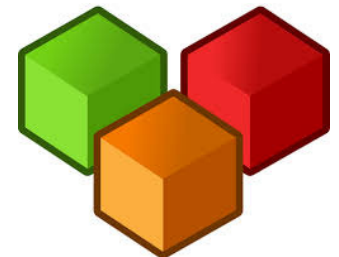
Esse sólido será mostrado em sala no dia **23/11**. Neste dia você deve mostrar seu programa e explicar como definiu os meios tons.

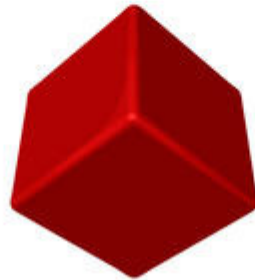
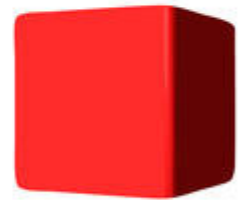
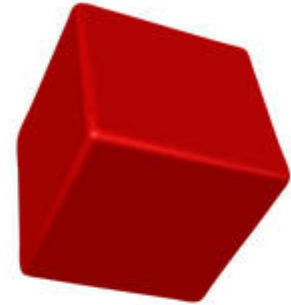
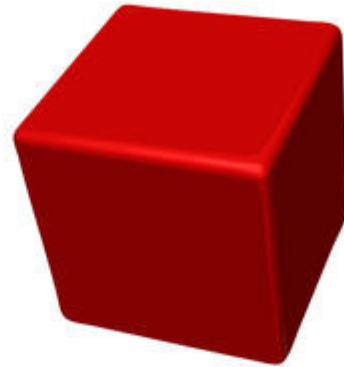
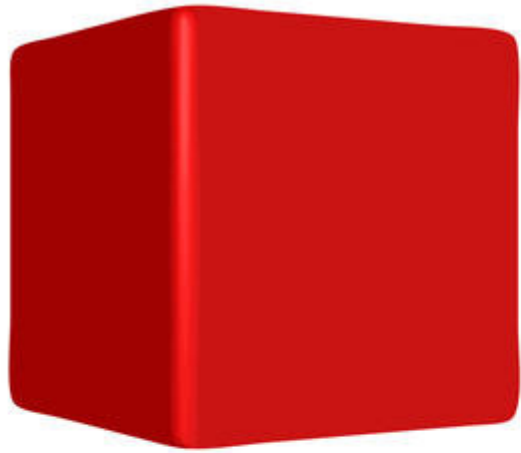
Lembre que é para você programar **sub-rotinas** ou *functions* na linguagem escolhida, seja o mais básico possível.

Requisitos do programa:

Use o objeto que você definiu no “Primeiro Trab. de implementação” dando cor adequadamente a cada face visível usando luz ambiente e direcional na forma de **Shading** que for mais adequada considerando seu objeto **fosco e constituído por faces planas**.

Inclua a opção de o seu sólido mudar de cor de modo que passe das primárias aditivas para as primárias subtrativas em seqüência. (Isso é, tenha tons de vermelho, verde e azul e depois de ciano, amarelo e magenta).

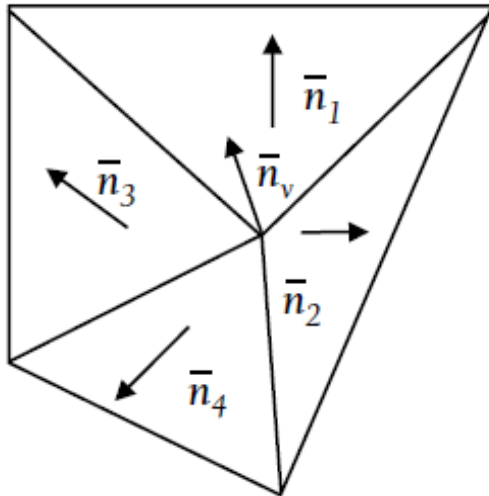




Smooth shading

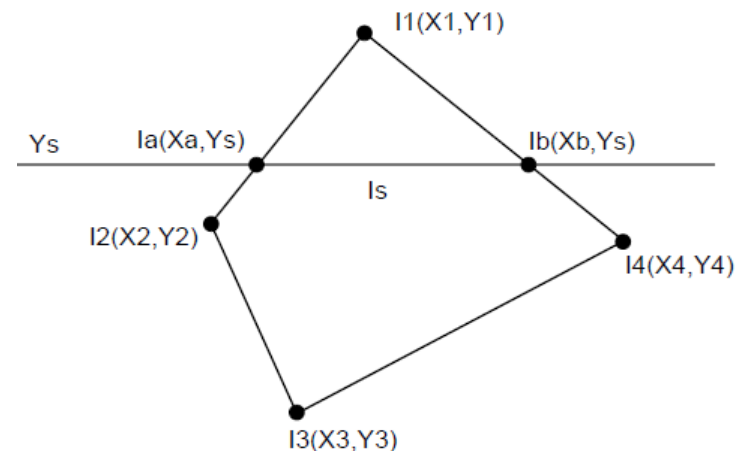
O sombreamento varia de pixel para pixel:

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.



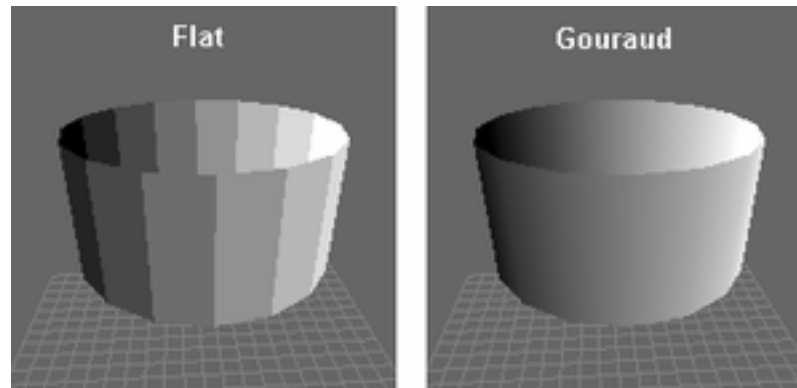
$$\bar{n}_i = \frac{n_i}{|n_x| + |n_y| + |n_z|}$$

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



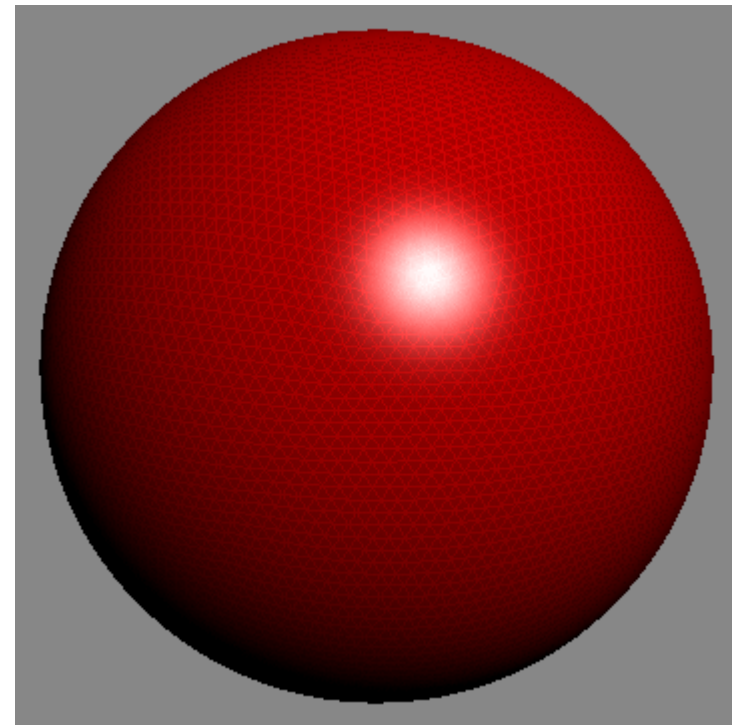
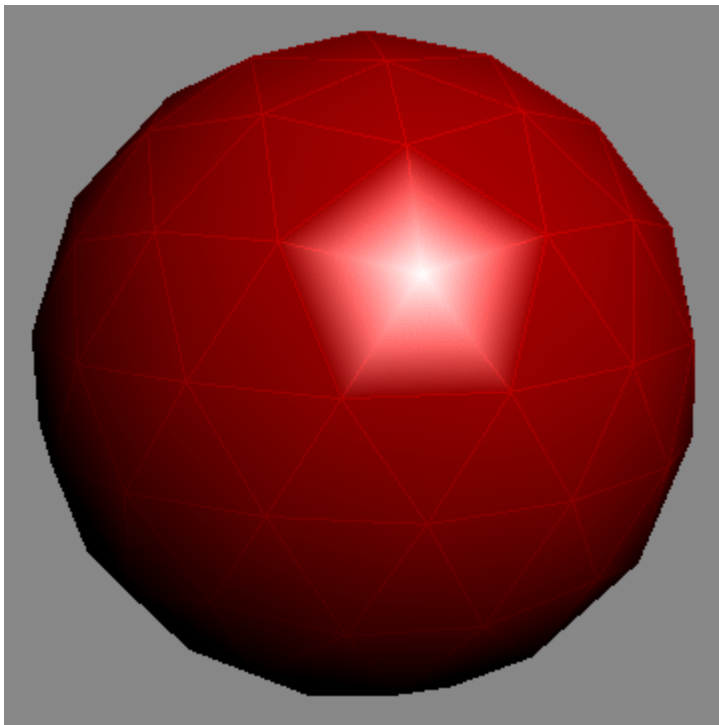
Henri Gouraud (1944- ...)

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



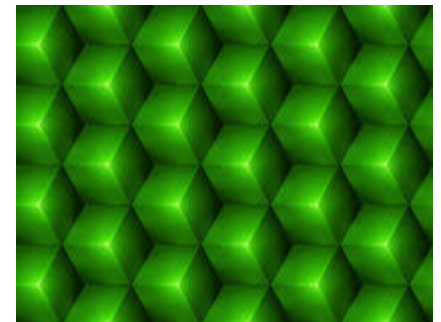
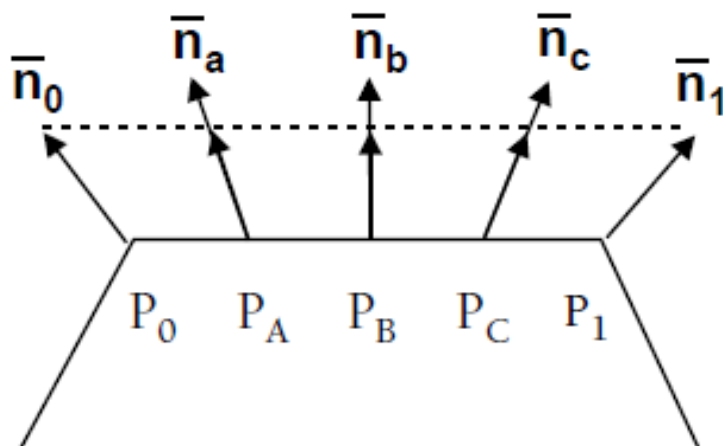
Sombreamento de Gouraud

Nunca tem efeito tão concentrado como o de Phong mesmo com mais elementos na malha!



Smooth shading

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



Tratamento de Iluminação especular

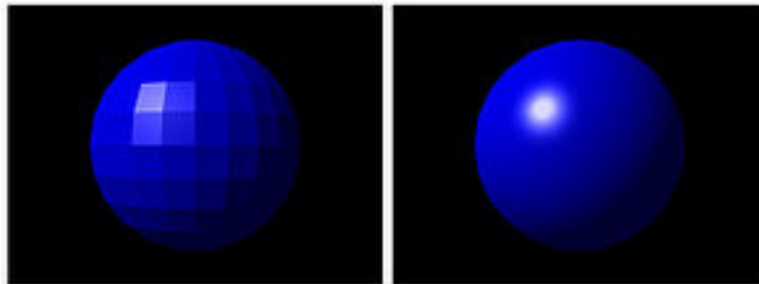
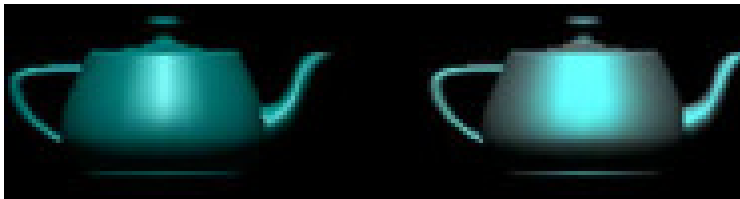
Shininess Coefficient

Ou coeficiente de brilho da luz especular:

Metais entre 100 e 200

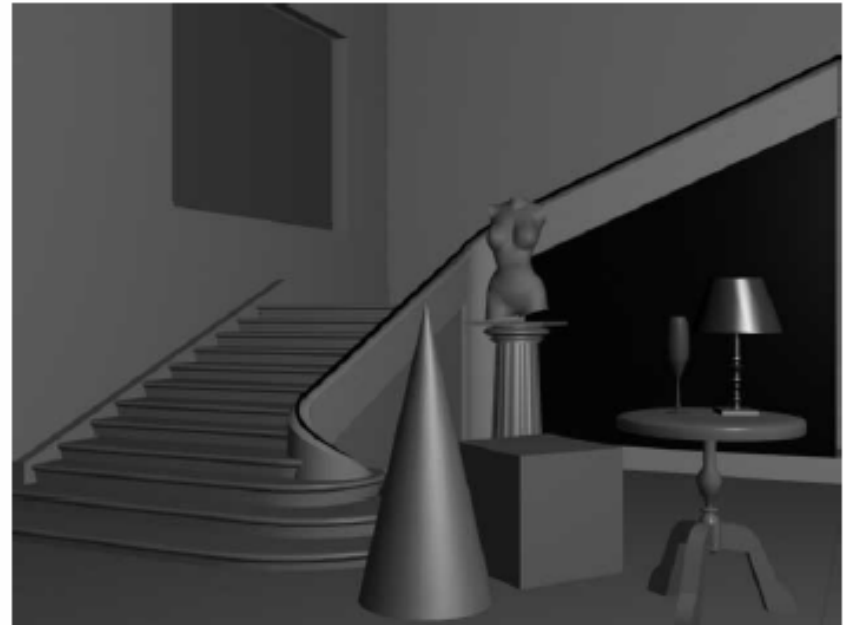
Plástico entre 5 e 10

Única diferença é o coeficiente de brilho da luz especular



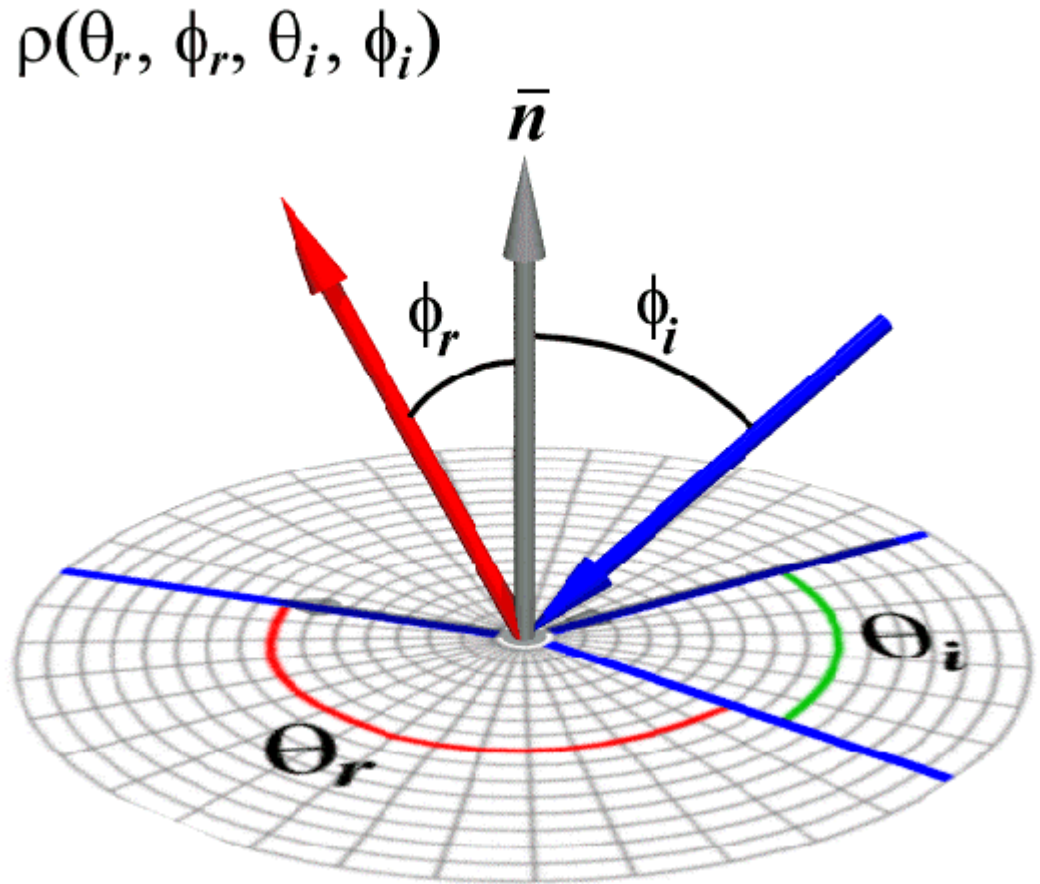
FLAT SHADING

PHONG SHADING



Bidirectional Reflectance Distribution Function (BRDF)

BRDF relates light incident in a given direction to light reflected along a second direction for a given material.

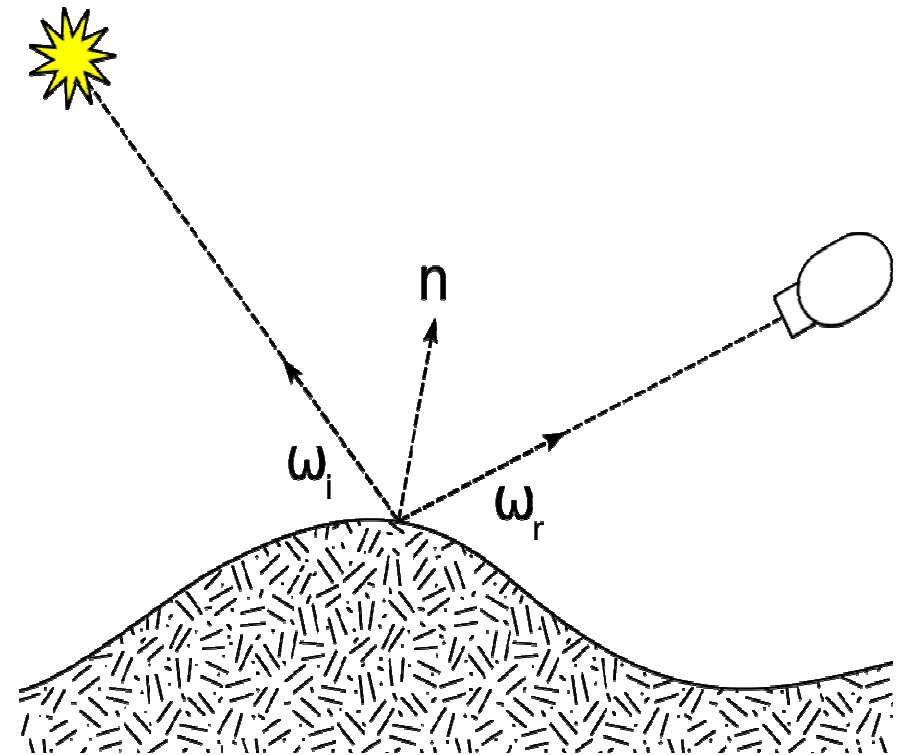


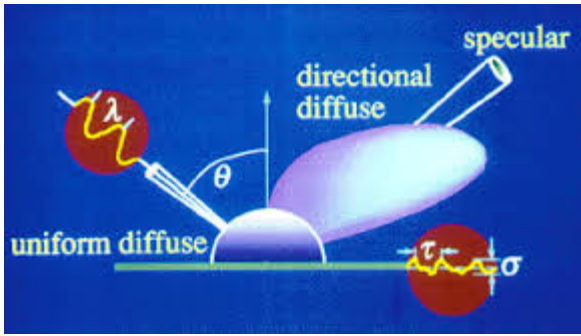
BRDF - *Leia: Bi- Ar -Di - Ef*

é uma função de quatro variáveis reais que define como a luz é refletida em uma superfície opaca.

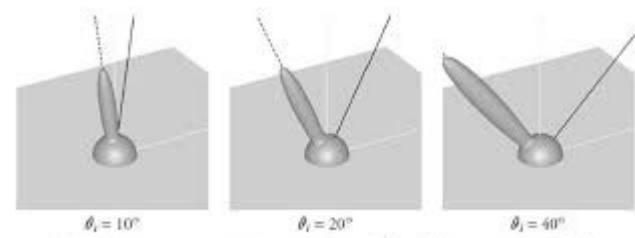
é empregada tanto na óptica como em algoritmos de CG, e em algoritmos de visão de computador (VC).

A função considera a luz incidente como na ω_i e a luz refletida na direção ω_r (considerando a superfície normal ao longo do eixo z), e retorna a razão de brilho refletido sair junto ω_r para o incidente irradiância sobre a superfície de direção ω_i . Cada direção ω é a própria parametrizado pelo ângulo de azimute ϕ e ângulo zenital θ , portanto, o BRDF como um todo é uma função de quatro variáveis. O BRDF tem unidades SR^{-1} , com steradians (sr), sendo uma unidade de ângulo sólido.

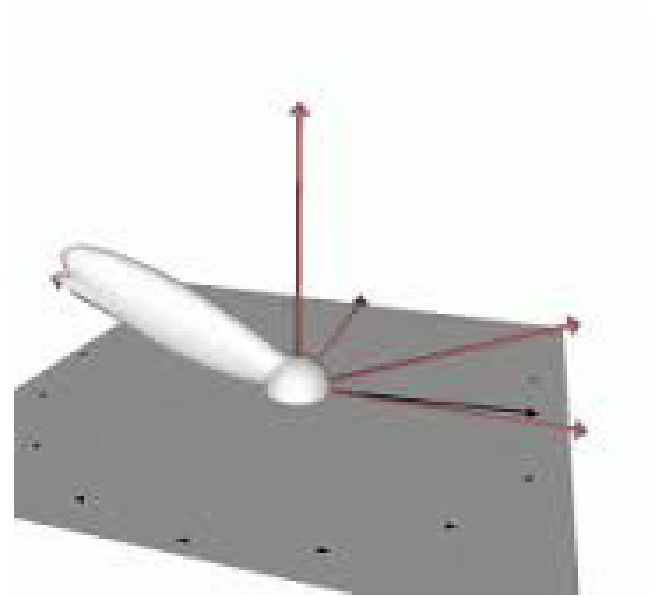
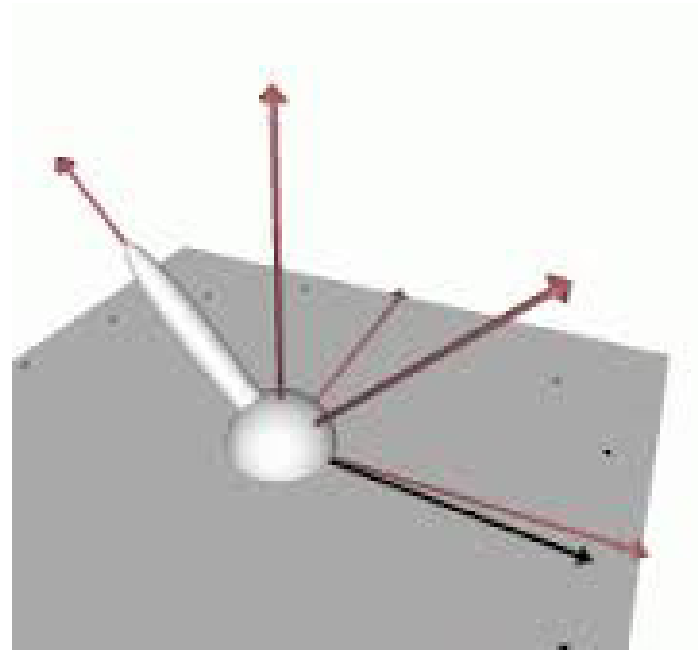




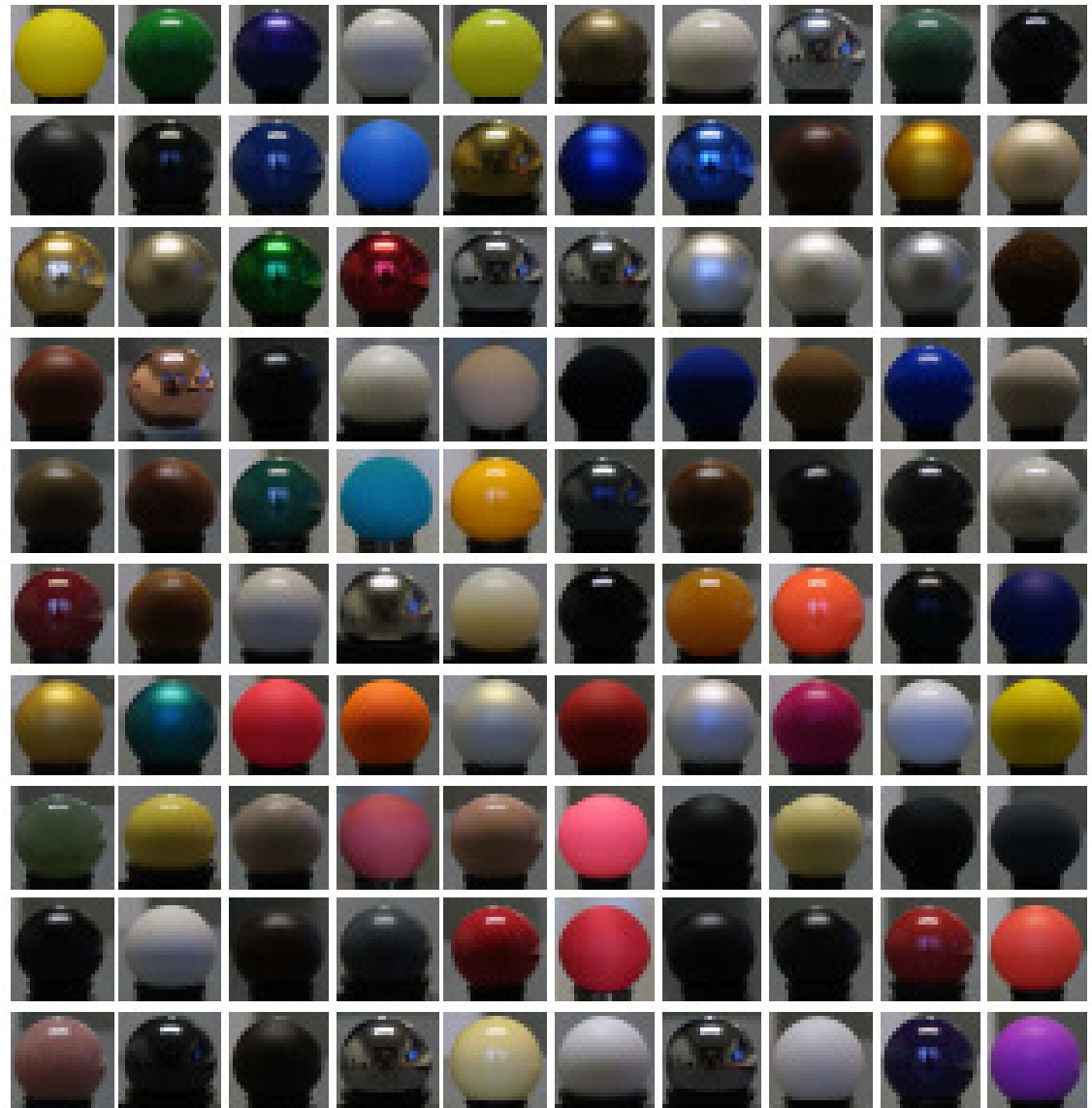
Biblioteca de diversos materiais



The Cook-Torrance-Sparrow BRDF seen as a function of (θ_i, ϕ_i) , for various values of (θ_i, ϕ_i) .
 Note that the position of the peak in space varies considerably.



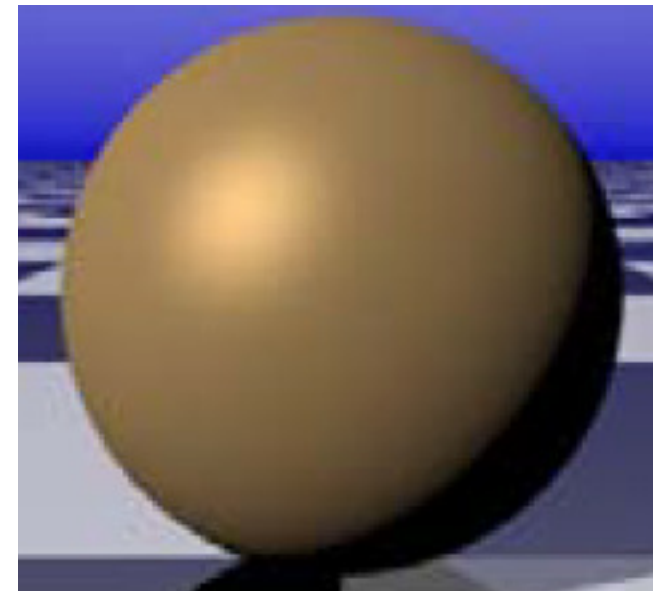
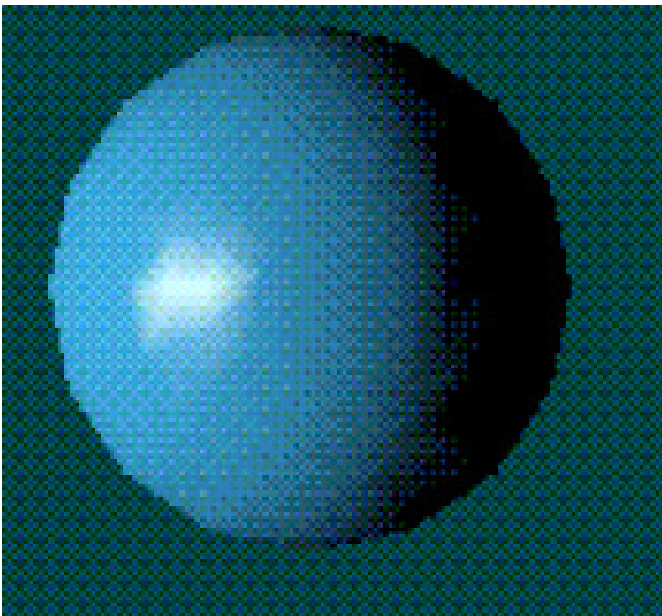
<http://www.merl.com/brdf/>



**MERL BRDF
Database**

Mas qual é a outra diferença
entre essas

Duas esferas? (Assunto das próximas aulas!!!)



Shading

Modelo Phong



<http://www.computerhistory.org/>

The Utah Teapot



Criado por Martin Newell na University of Utah em 1975.

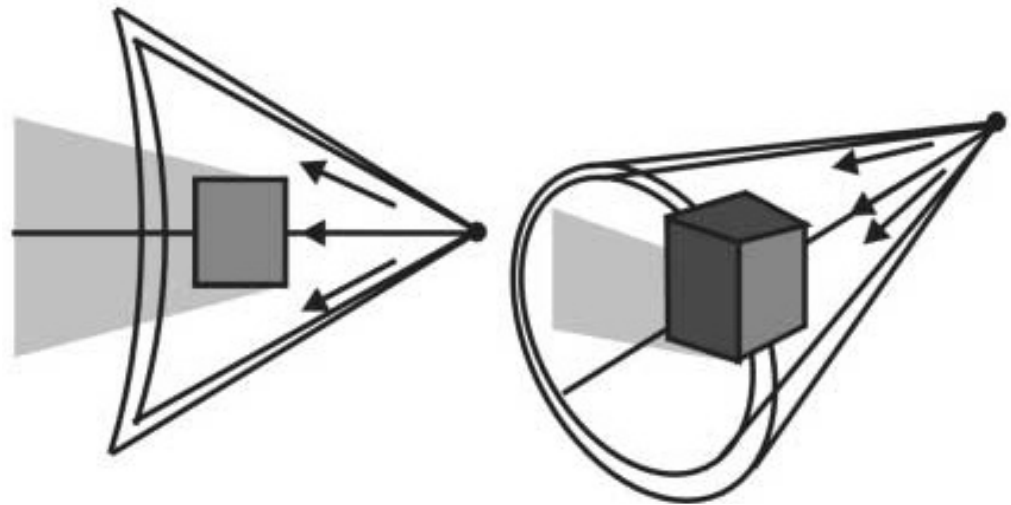
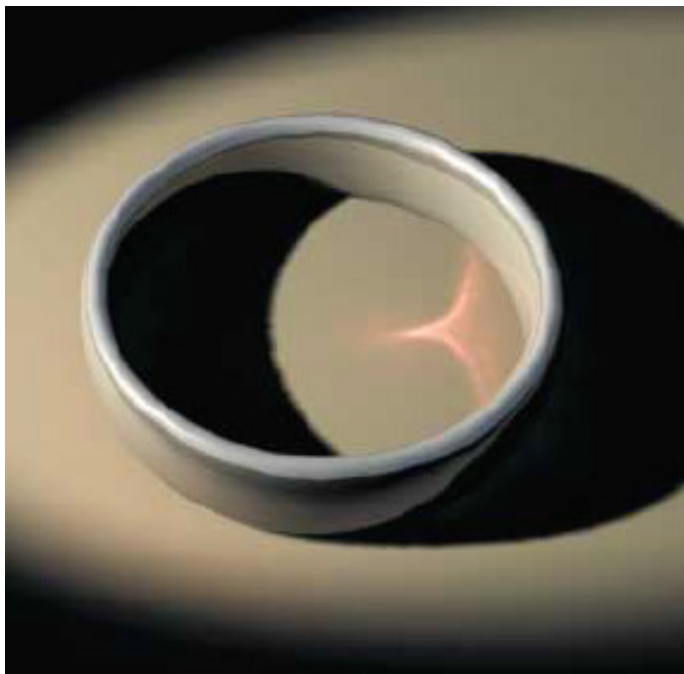
Tem sido usado como modelo 3D por 40 anos para verificar modelos de iluminação, cor, realismo, etc.

Sombras, refração, reflexão e efeitos específicos



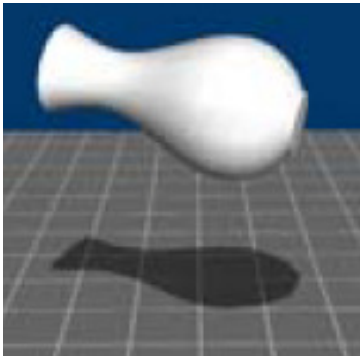
Sombras,

podem ser consideradas por diversos métodos, de simples projeções , passando por texturas até os métodos globais (seção 7.3.6 do livro texto tem boa revisão do assunto) !



Sombras planas e projetadas:

Sombra=umbra e penumbra



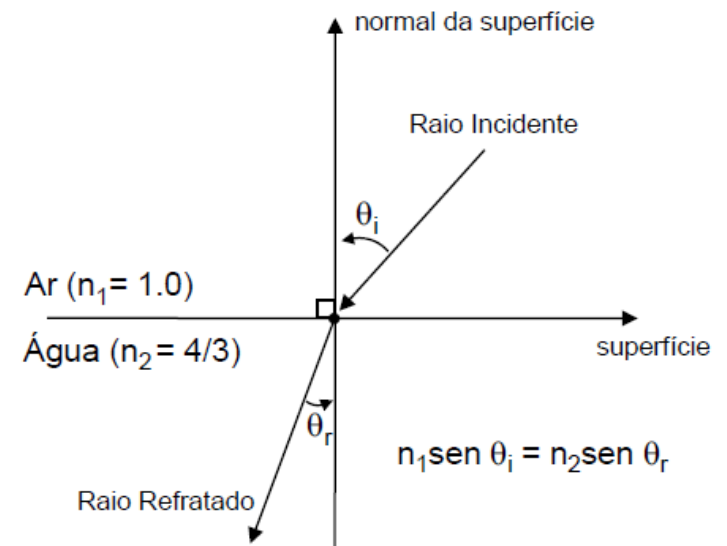
Refração

Quando o feixe de luz penetra em alguns materiais sua trajetória muda de ângulo de acordo com a diferença de densidade dos meios.

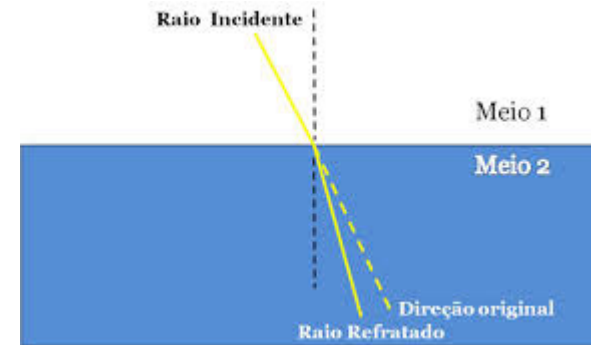
Lei da refração ou de Snell:

$$\frac{\text{sen } \theta_i}{\text{sen } \theta_r} = n_{21}$$

n_{21} é uma constante, chamada índice de refração
ou IR



Exemplo de alguns IR:



Material	IR
Ar (em temperatura e pressão padrão ou STP)	1,0003
Água	1,33
Álcool etílico	1,36
Vidro	1,66
Plástico	1,51
Vidro Denso	1,52
Sal	1,53
Quartzo	1,46
Cristal	1,58
Diamante	2,42

Transparência

$$I = t I_1 + (1-t) I_2, 0 \leq t \leq 1$$

onde, I_1 é a superfície visível, I_2 é a superfície imediatamente atrás da superfície visível, e t é o fator de transparência para I_1 . Se I_2 também é transparente, o algoritmo é aplicado recursivamente até encontrar uma superfície opaca ou o fundo da cena.



Bibliografia:

- D. F. Rogers, J. A. Adams. Mathematical Elements for Computer Graphics, 2dn Ed. , Mc Graw Hill, 1990
- 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.
- Y. Gardan. Numerical Methods for CAD , MIT press, Cambridge, 1985.
- A. H. Watt, F. Policarpo - [The Computer Image](#) , Addison-Wesley Pub Co (Net); 1998
- https://noppa oulu.fi/noppa/kurssi/521493s/luennot/521493S_3-d_graphics_vi.pdf
- <http://graphics.stanford.edu/papers/rad/>

Bibliografia:

https://en.wikipedia.org/wiki/Specular_reflection

https://en.wikipedia.org/wiki/Specular_highlight

https://en.wikipedia.org/wiki/Specular_highlight

<https://cs.nyu.edu/~elif/phong.pdf>