

Tema 5:

Nosso sistema visual e
os efeitos que eles podem resultar em C.G.

Parte 3: Cor e Realismo



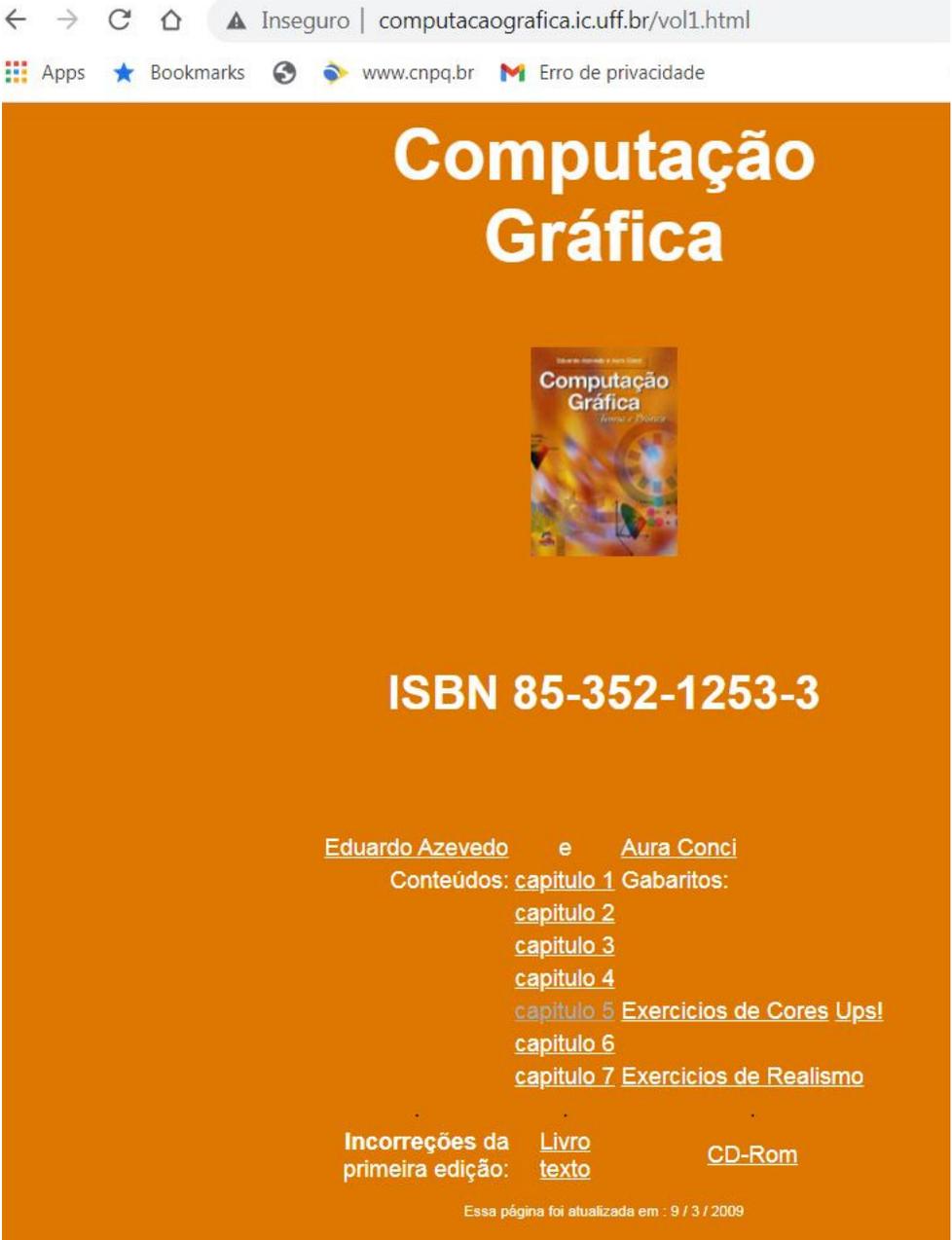
(esse assunto corresponde ao cap. 5 livro texto edição 1 e impressões até 2018.

E ao cap. 4 ed. mais atuais)

Obs. Dependendo da copia usada pode haver erros que foram corrigidos posteriormente.

Esses erros, havendo, estão nas erratas:

<http://computacaografica.ic.uff.br/>



← → ↻ 🏠 Inseguro | computacaografica.ic.uff.br/vol1.html

📱 Apps ★ Bookmarks 🌐 www.cnpq.br 🚫 Erro de privacidade

Computação Gráfica



ISBN 85-352-1253-3

Eduardo Azevedo e Aura Conci
Conteúdos: [capítulo 1](#) Gabaritos:
[capítulo 2](#)
[capítulo 3](#)
[capítulo 4](#)
[capítulo 5](#) Exercícios de Cores Ups!
[capítulo 6](#)
[capítulo 7](#) Exercícios de Realismo

Incorreções da primeira edição: [Livro texto](#) [CD-Rom](#)

Essa página foi atualizada em : 9 / 3 / 2009

Imagens monocromáticas x colorida

Você tem perfeitamente a noção das formas
mesmo sem as cores!



Imagem colorida

A capacidade de **interpretar formas** tridimensionais e a **organização espacial** **independem da cor**, mas sim da **iluminação das formas** que representam.

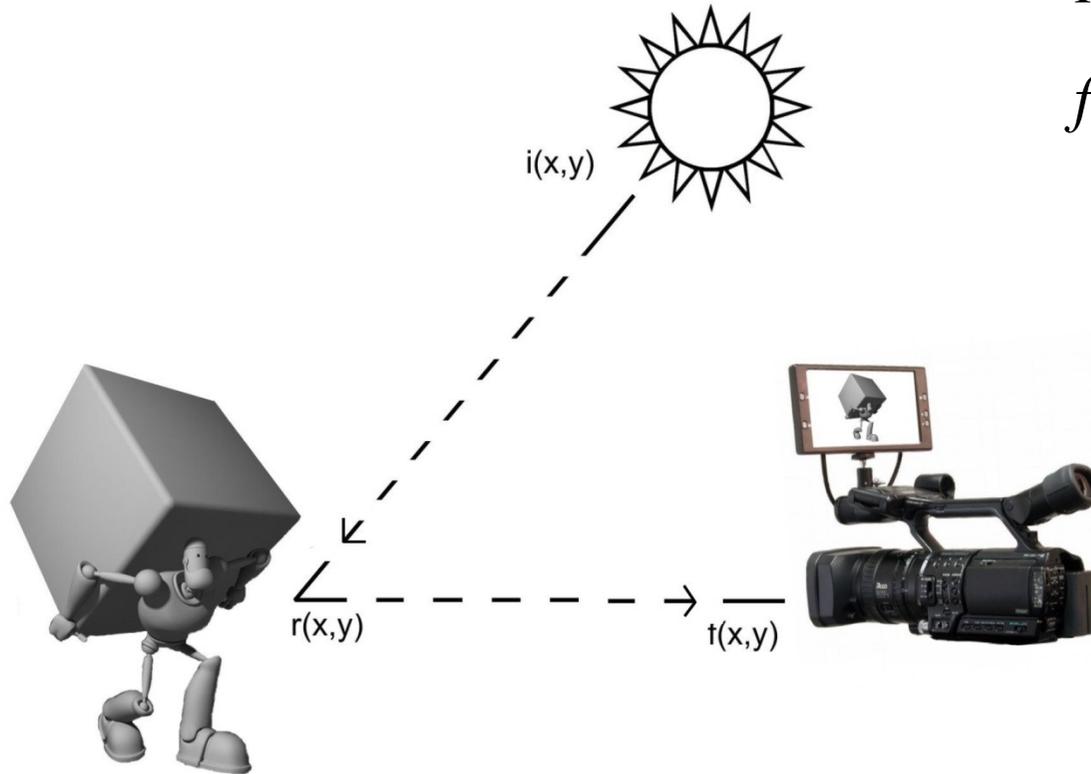


Perceber é mais que captar

A **cor** e a **iluminação** são analisadas por partes diferentes do cérebro.

Estas partes estão **fisicamente separadas** e são anatomicamente tão distintas quanto são a visão e a audição.

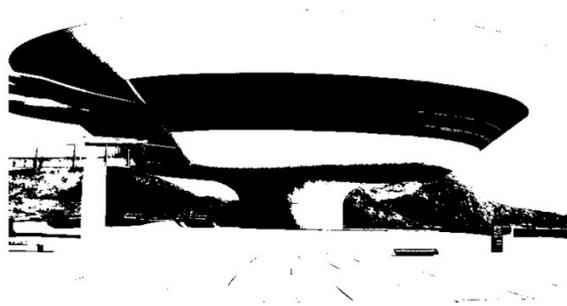
Imagens de objeto **emitemes** ou iluminados



iluminados

$$f(x,y) = i(x,y) \cdot r(x,y)$$

Imagens Monocromáticas



Exemplos de imagens monocromáticas

O número de tons entre os valores limites, branco e preto, que se pode representar em tons, depende de quantos bits são alocados na matriz de imagem para armazenar o tom de cada *pixel*.

Número de elementos na Escala de cinza	Tons de cinza limites	Números de Bits necessários para representação do <i>pixels</i>
2^1 2 valores	0,1	1
2^3 8 valores	0 a 7	3
2^4 16 valores	0 a 15	4
2^8 256 valores	0 a 255	8

Uma imagem monocromática pode ser representada geometricamente também por valores reais quanto à posição dos *pixels* como no gráfico $G(f)$ da função f :

$$G(f) = \{ (x,y,z); (x,y) \in R^2 ; z = f(x,y) \}$$

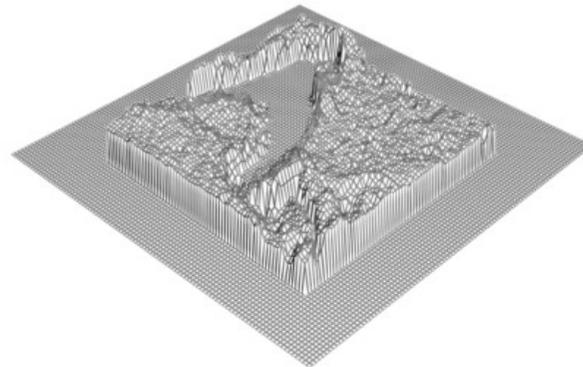
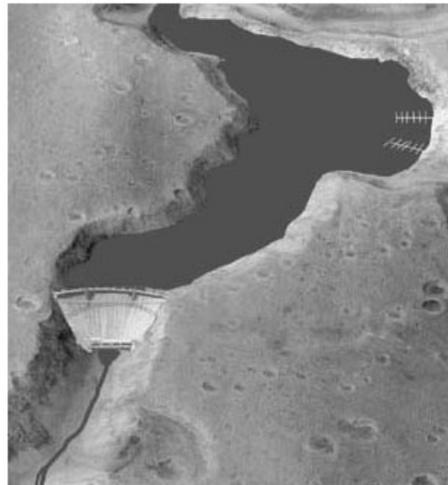


Imagem Monocromática e gráfico 3D de sua função $g(f)$ no R^3 .

Algumas Características da Visão Humana

- **Adaptabilidade**
- **Constancia**
- **Acomodação**
- **Campo de visão**
- **Acuidade**
- **Persistência visual**
- **Visão colorida**

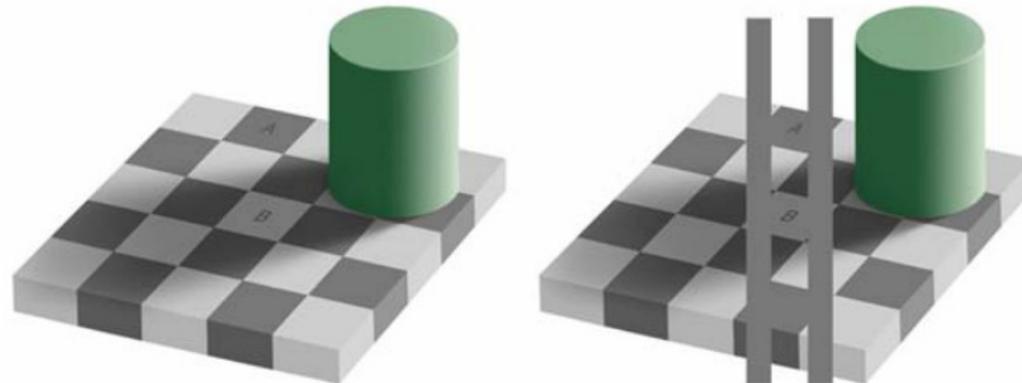
algumas já comentadas, nas partes anteriores deste tema

Nos fixaremos na ultima nesta parte

Vizinhança e cor

Claro e escuro é relativo!

A visão colorida é algo relativo!



Sensação e reconhecimento da cor

“ver” a cor é mais que apenas capturar comprimentos de ondas

Uma banana parece **amarela** independente da quantidade de iluminação que incide sobre ela. E ela pode nem ser medida como **amarela**, mas você continuara a pensar que ela é **amarela**!



Como funciona a visão?

a luz entra em seus olhos, a cornea a refrata e ela penetra passando pela pupila e sendo focada pelo cristalino (lentes) na segunda parte do olho, onde encontra a retina.

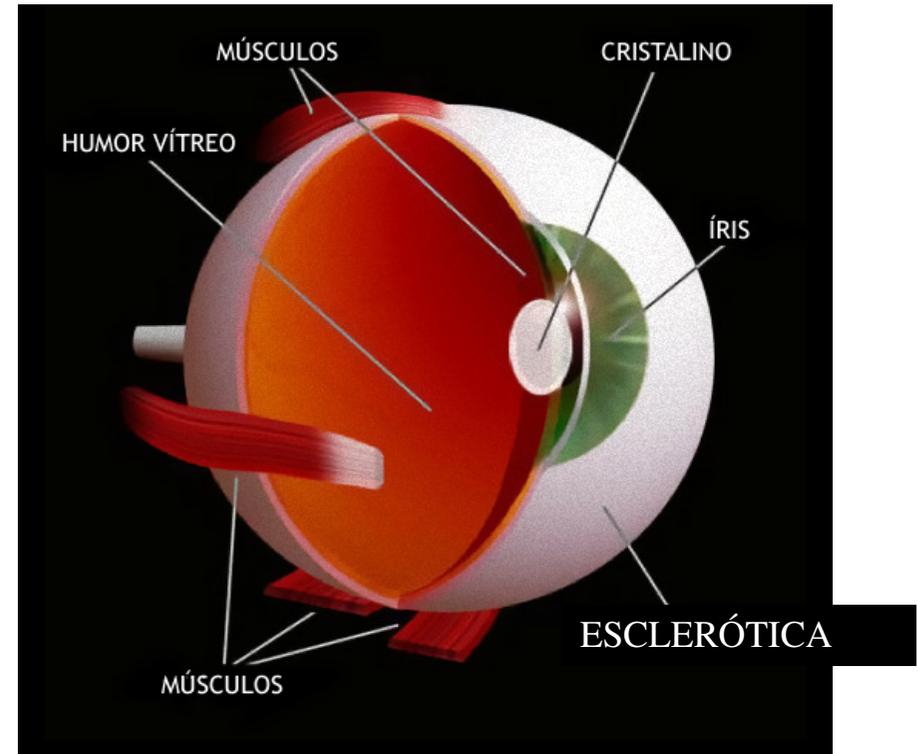
Onde células fotosensíveis **i**niciam sua transformação em sinais elétricos que a transformarão em visão.

Sistema de Visão Humana

Esclerótica - membrana elástica, conhecida como 'branco do olho'.

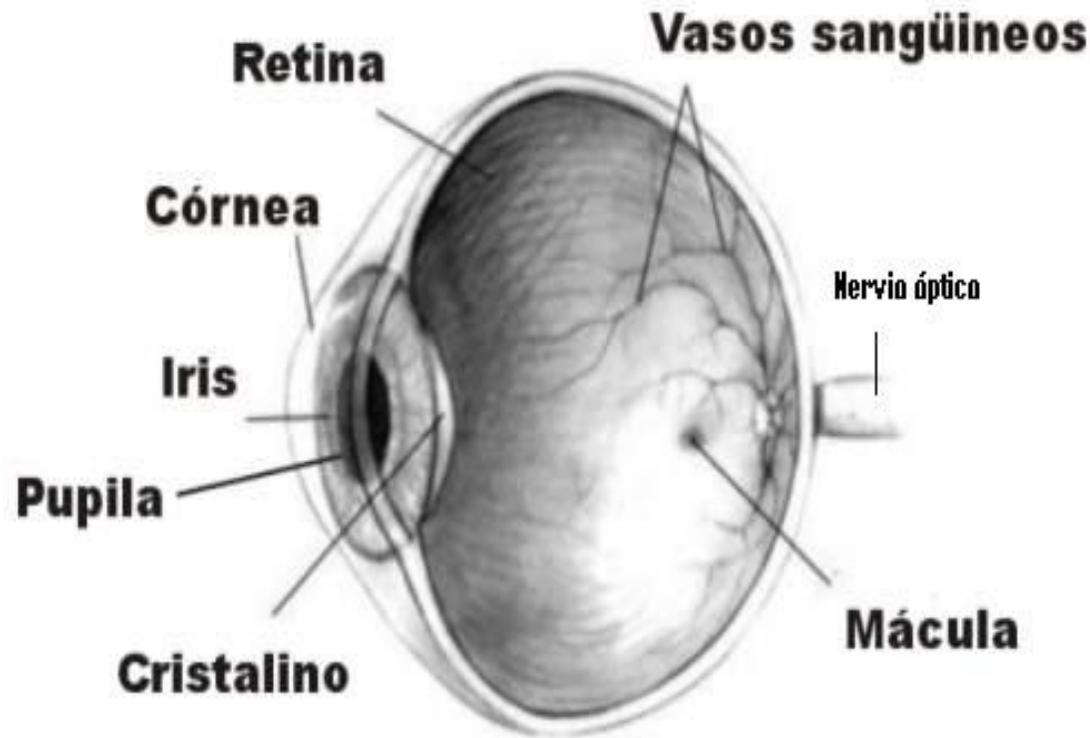
Córnea - atua como uma lente simples, captando e concentrando a luz.

Íris – membrana colorida com um orifício negro no centro (pupila).



Principais elementos do olho humano.

Sistema de Visão Humana



Elementos do olho em corte.

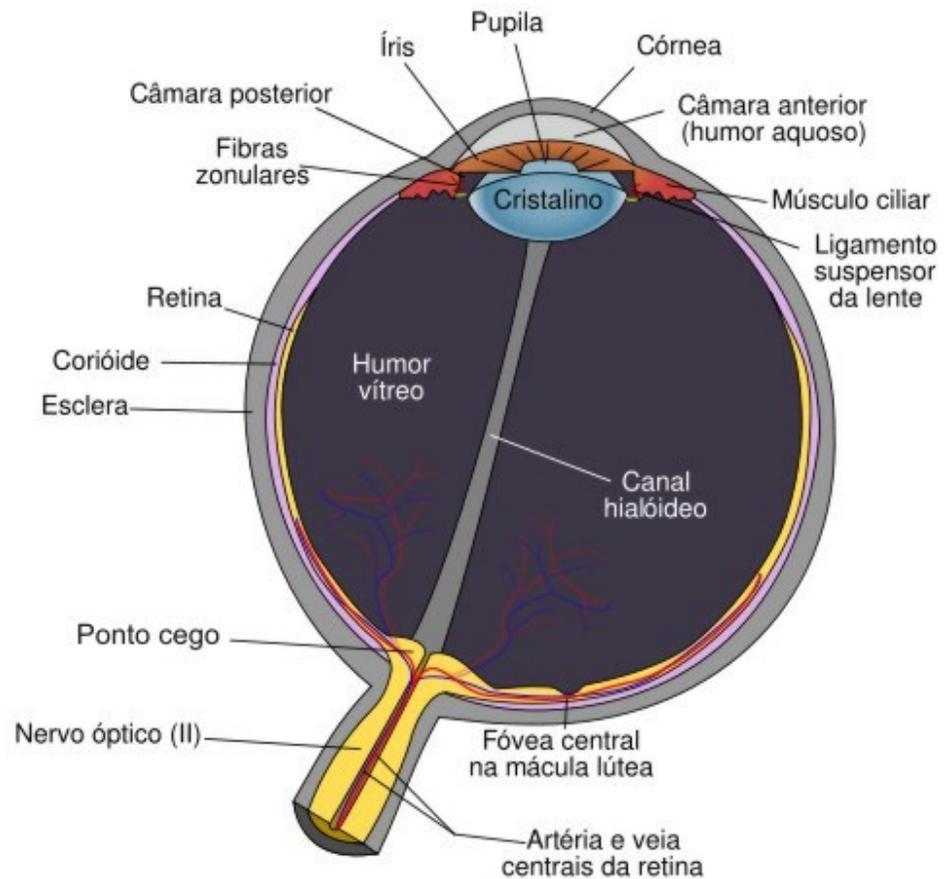
Cristalino - parte da visão humana responsável pelo foco, sendo **também chamado de lente**.

Humor vítreo – substância gelatinosa localizada atrás do cristalino.

Sistema de Visão Humana

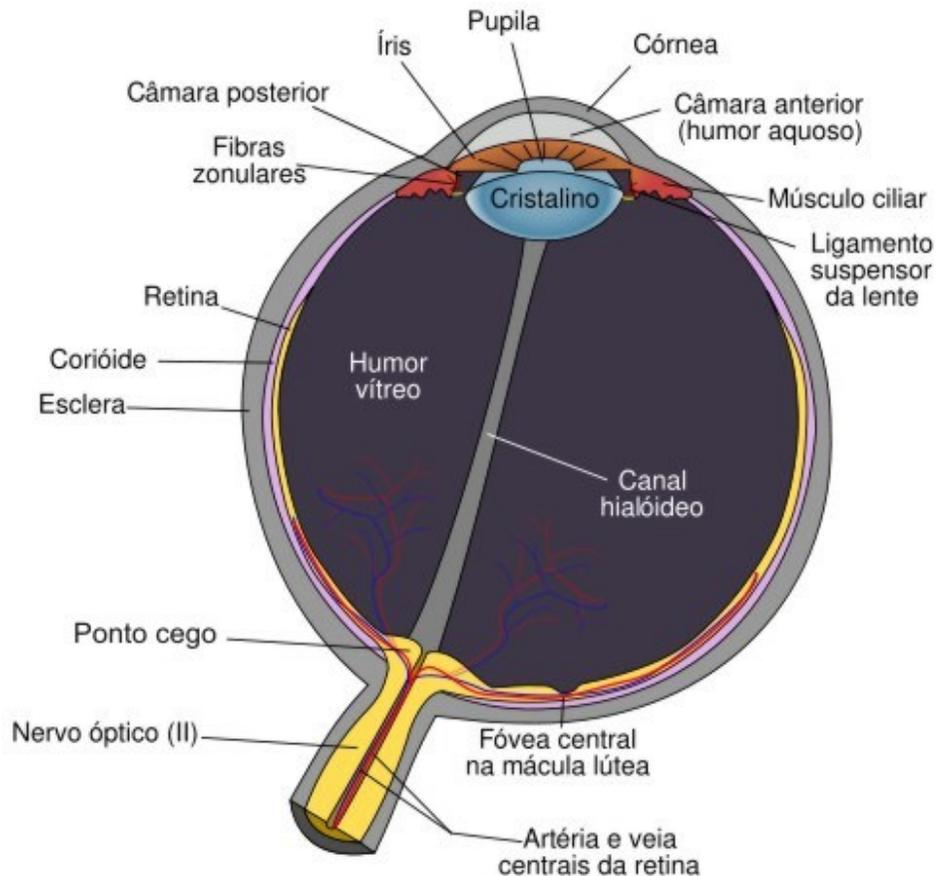
Humor aquoso – encontra-se atrás da córnea em uma pequena câmara preenchida (fluido gelatinoso).

Pupila - a luz passa através deste orifício (ponto negro do olho).



Principais elementos em 2D.

Sistema de Visão Humana

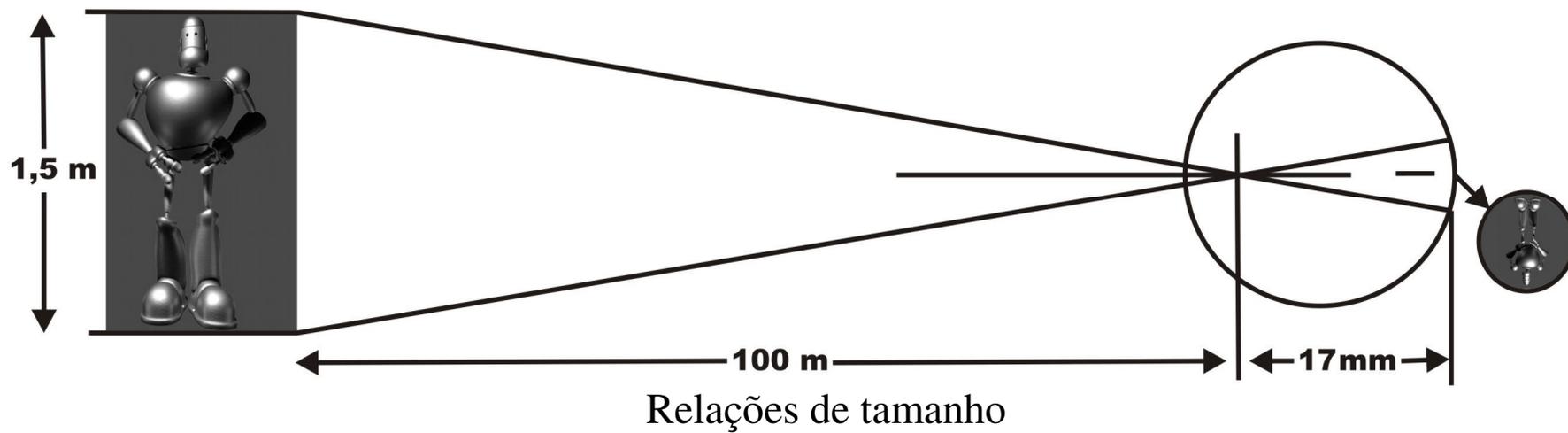
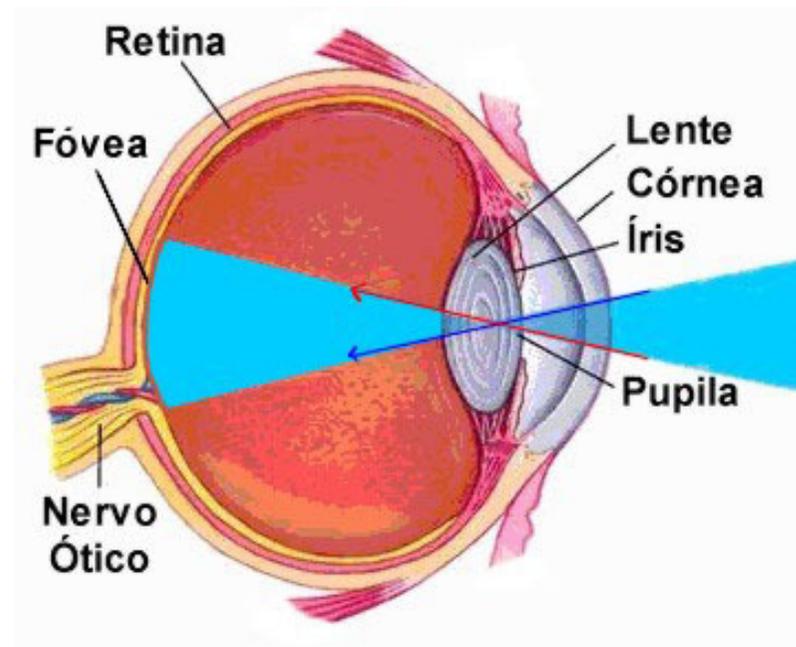


Esquema dos principais elementos do olho humano.

Retina – em média composta de cerca de 120 milhões de bastonetes e 6 milhões de cones (sensores), converte o estímulo luminoso em sinais elétricos.

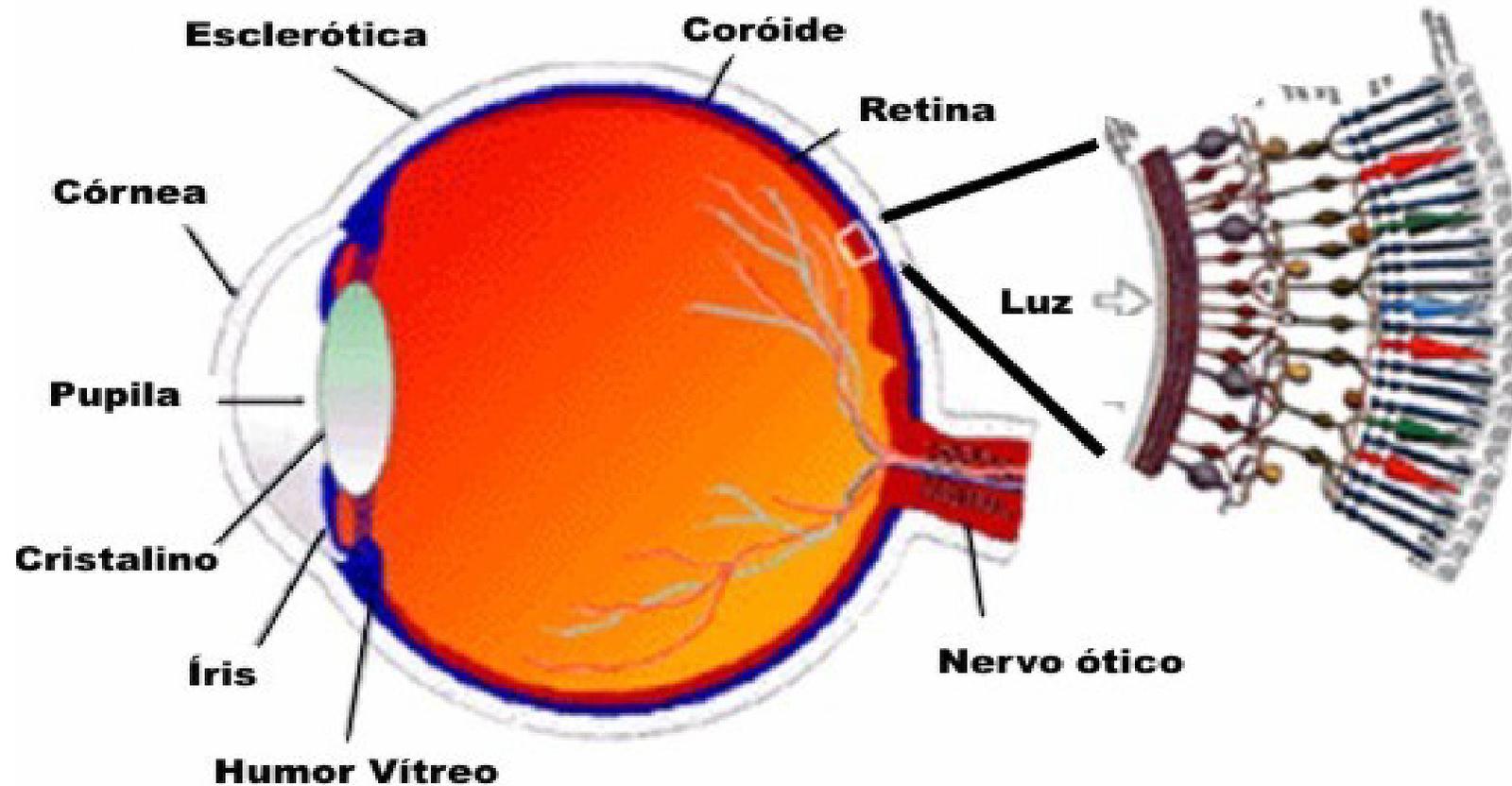
Nervo óptico - transmite para o cérebro os sinais.

Sistema de Visão Humana



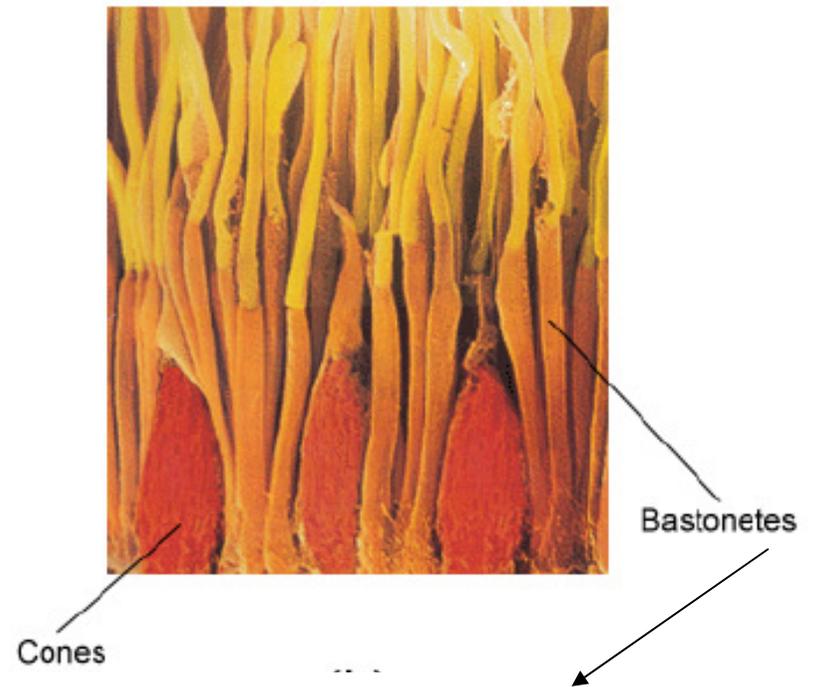
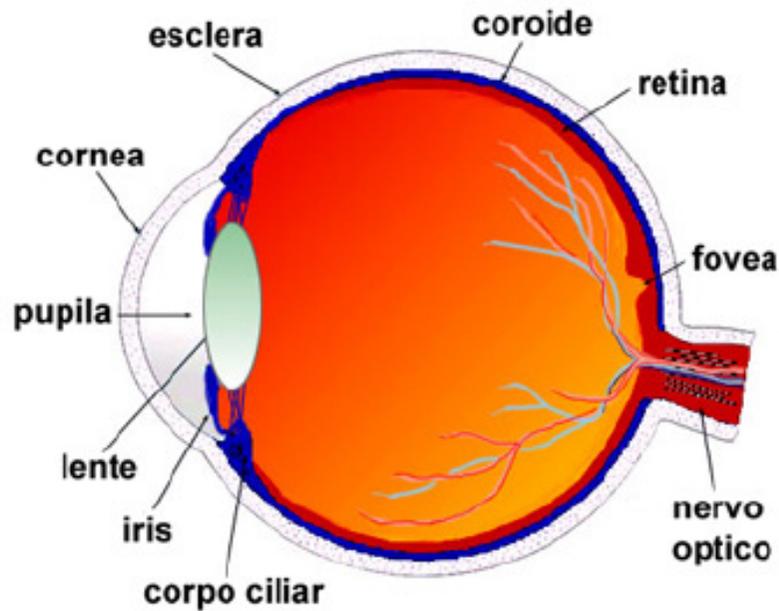
Sistema de Visão Humana

Células Cones e Bastonetes



Olho humano e células da retina

Os cones são cerca de 7 milhões,



cerca de 125 milhões

Bastonetes

Visão monocromática:

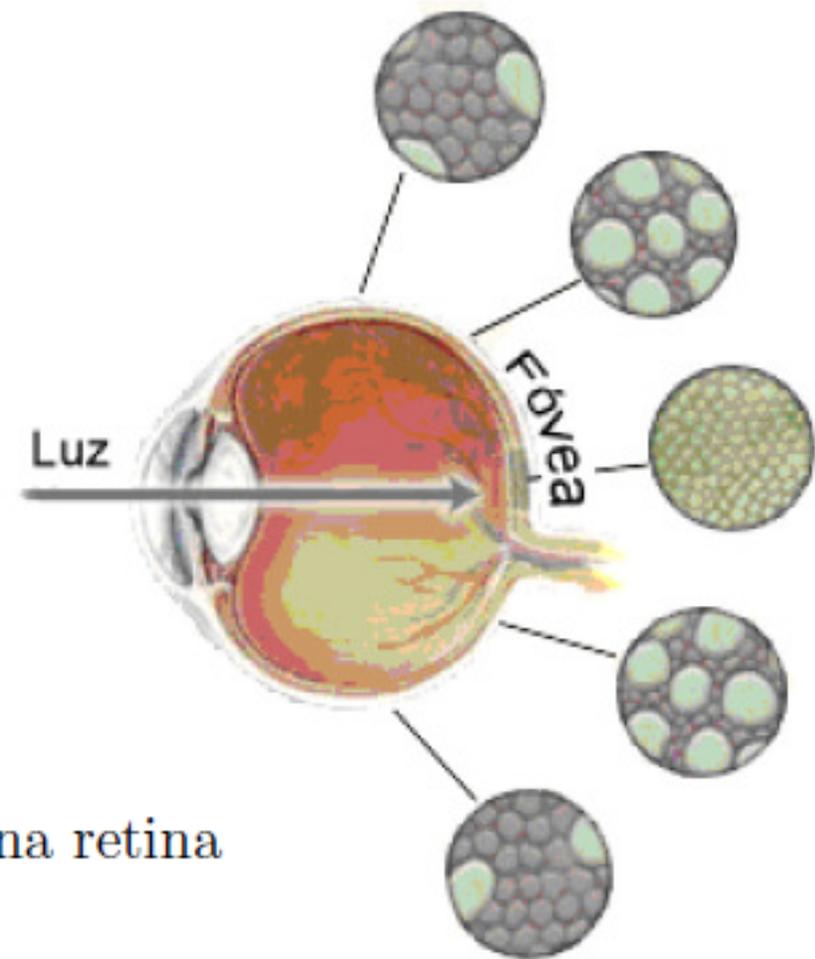
A substância química responsável pela sensibilidade dos bastonetes à luz é a **rodopsina**, quando a luz incide sobre uma molécula de rodopsina, esta gera um sinal elétrico que é transmitido às células nervosas presentes na retina.

cones

3 tipos:

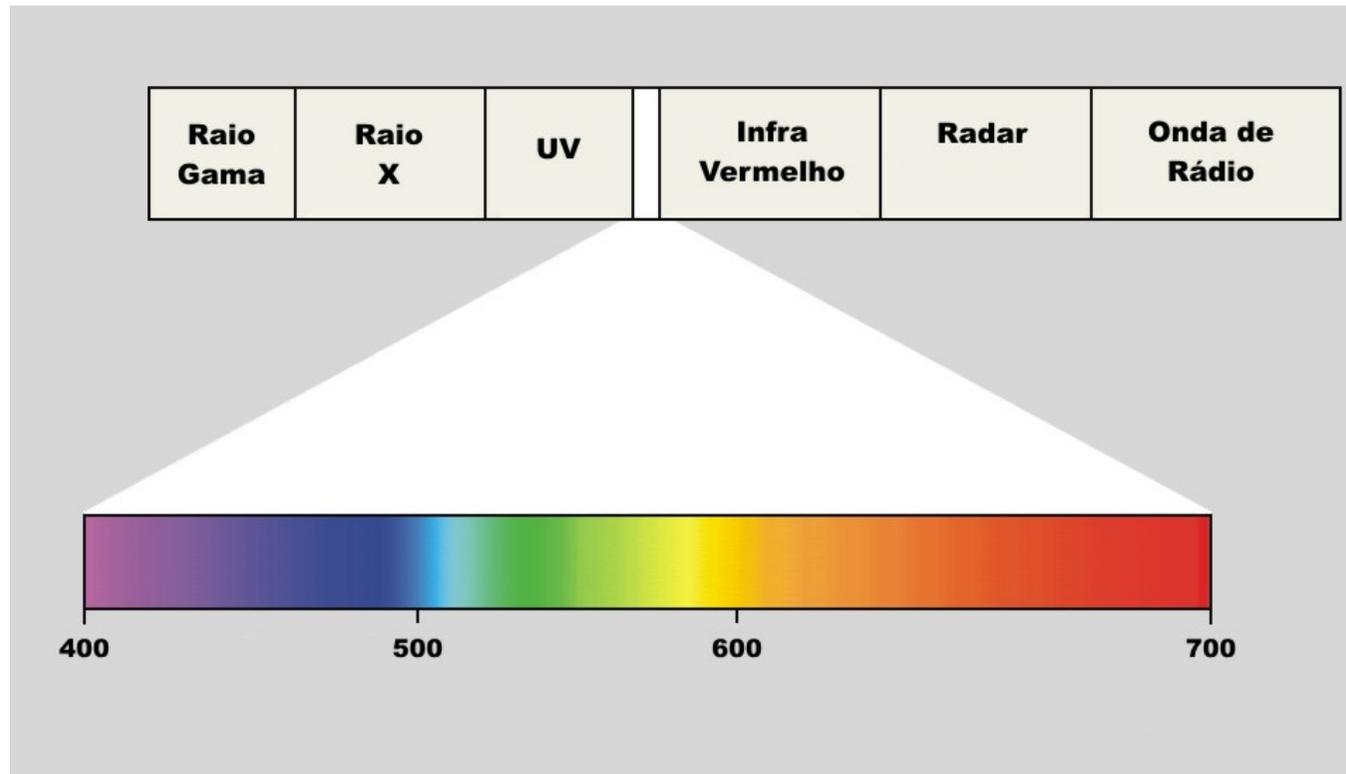
- i. L-Cones - Curva de resposta com pico em 445nm
- ii. M-Cones - Curva de resposta com pico em 535nm
- iii. S-Cones - Curva de resposta com pico em 575nm

Distribuição dos cones e bastonetes na retina



Características ópticas da luz

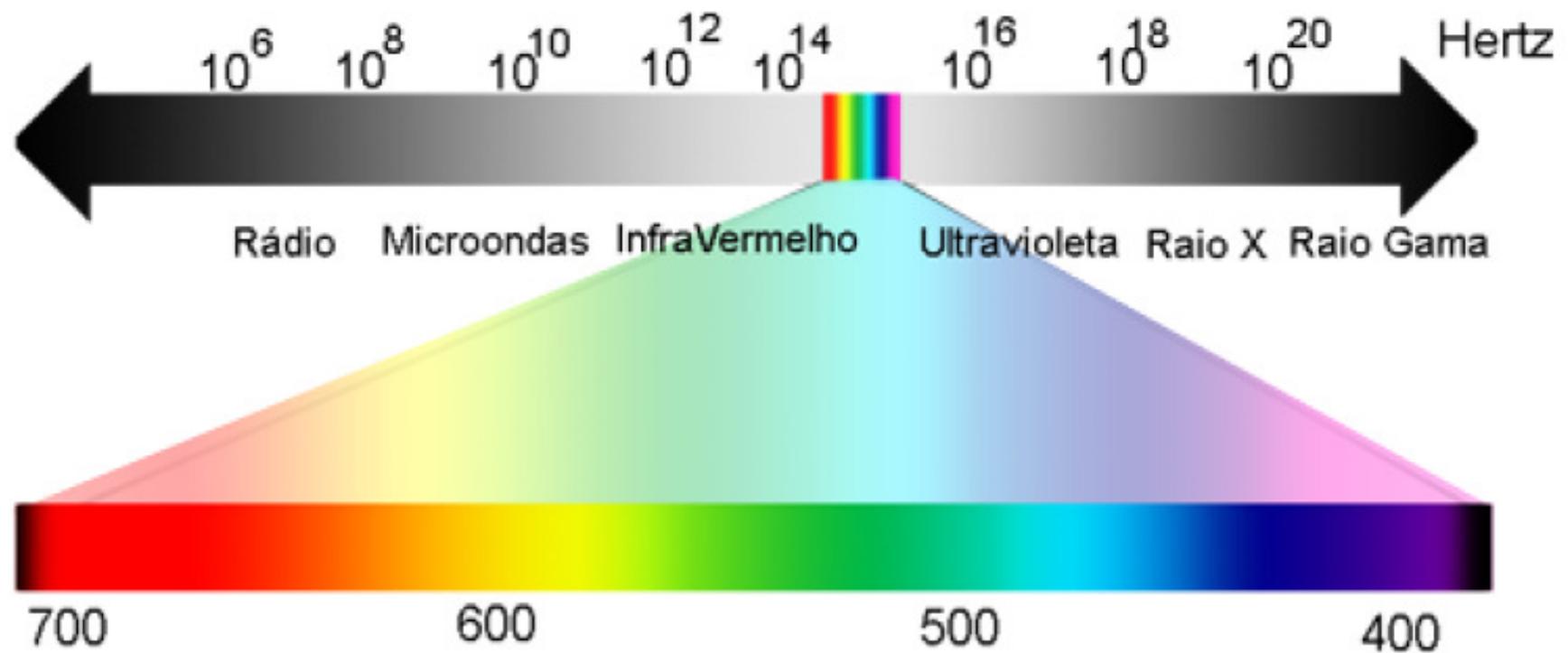
Radiação Eletromagnética



Espectro eletromagnético e comprimentos de onda

(em nano metros – nm) .

Frequência ou comprimento de onda da luz visível



Percepção de Cor

Teoria Tricromática

Apenas três tipos de receptores da retina são necessários operando com sensibilidades a **diferentes comprimentos de onda: três cores primárias.**

Teoria de Maxwell

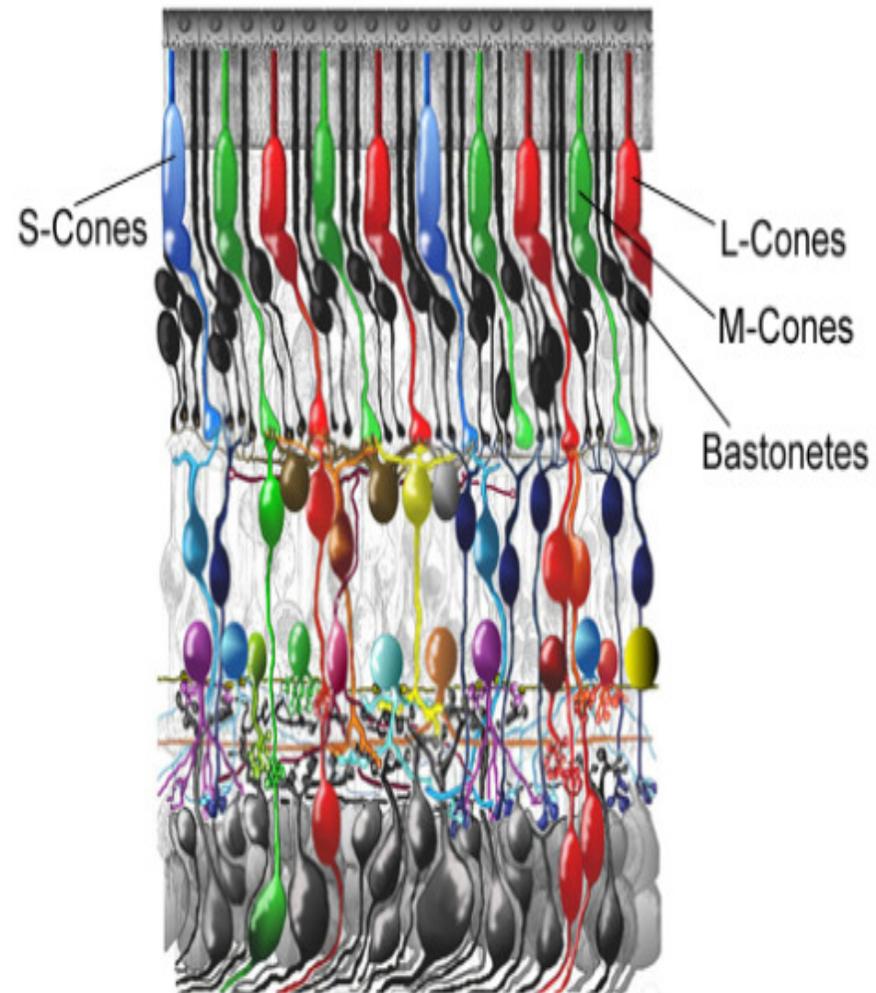
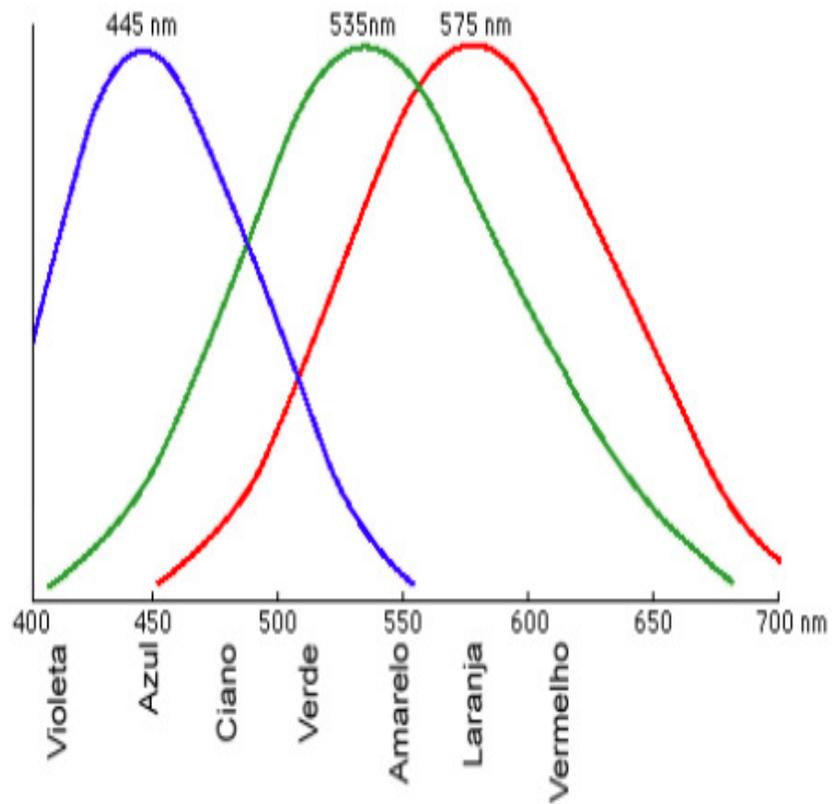
Os três cones existentes na retina são sensíveis respectivamente ao vermelho (*R*), ao verde (*G*) e ao azul (*B*), chamadas *cores primárias de luz*.

Teoria de Young

Young, no século XIX, mostrou experimentalmente que a retina tem **3 tipos distintos de foto pigmentos**, sensíveis às 3 cores primarias: **vermelho**, **verde** e o **azul**.

Ele concluiu ainda que esta decomposição da luz em 3 cores não é uma característica da luz, mas sim uma característica do sistema visual humano

Curvas de respostas dos 3 tipos de cones



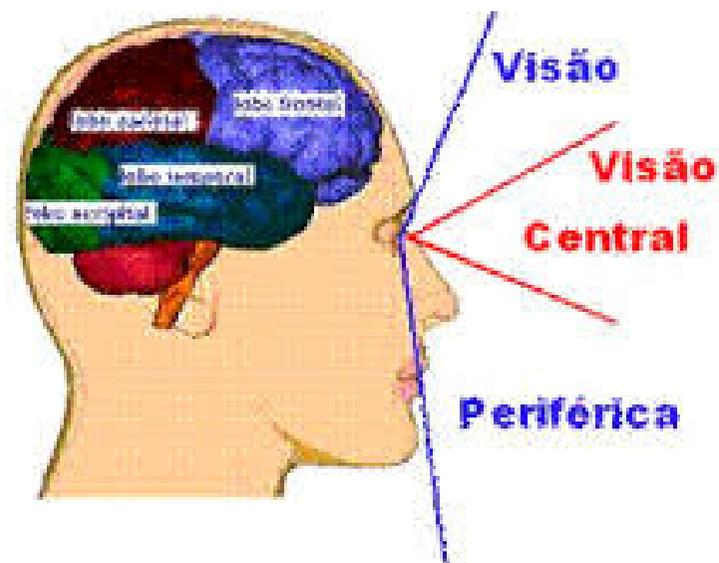
Não somos fotômetros!

Ao sair da retina os impulsos eletroquímicos que determinam a cor seguem seu caminho para o sistema perceptivo, mas como a cor é determinada?

A **trinca de informação que sai da retina** se transforma em uma **dupla de cores oponentes** (amarelo-azul, vermelho-verde), agindo como um filtro, tornando a identificação da cor mais seletiva

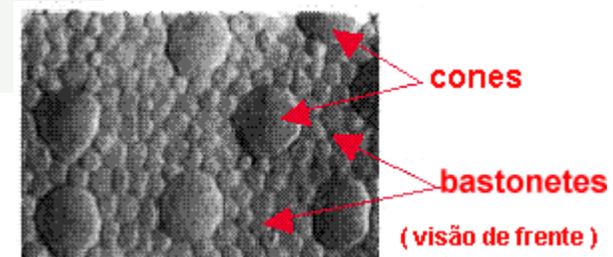
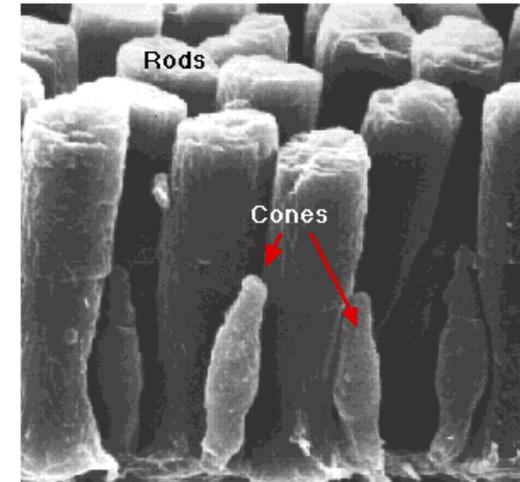
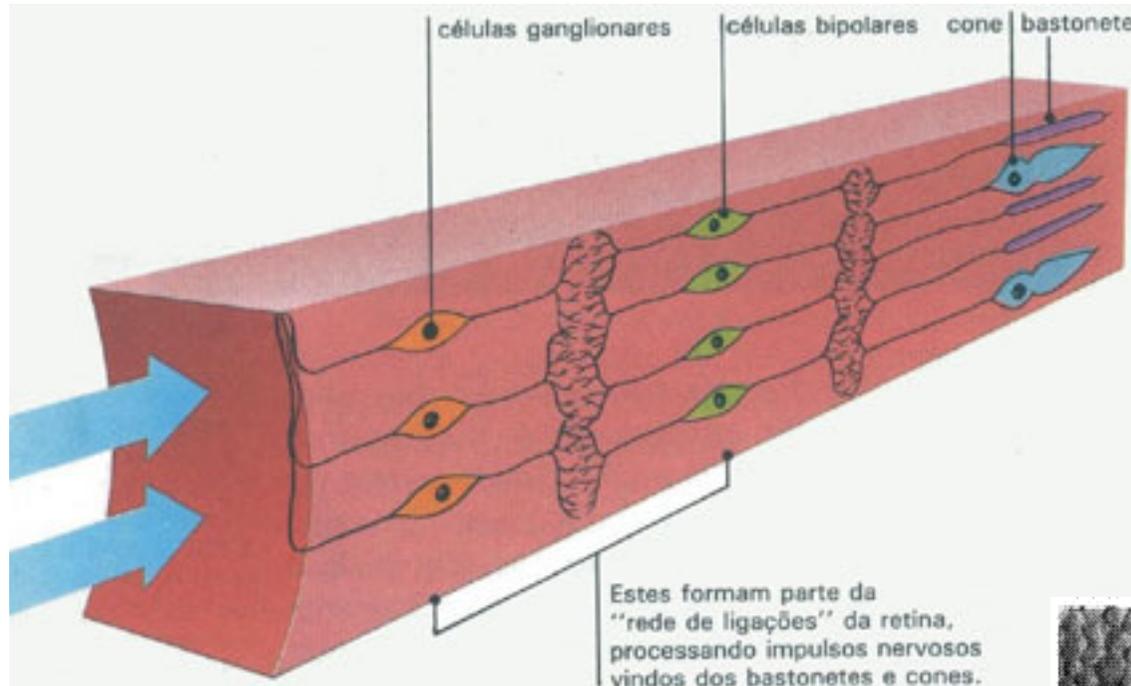
Cores -> visão central

Intensidade - > Visão periférica



Sistema de Visão Humana

Esquema x real



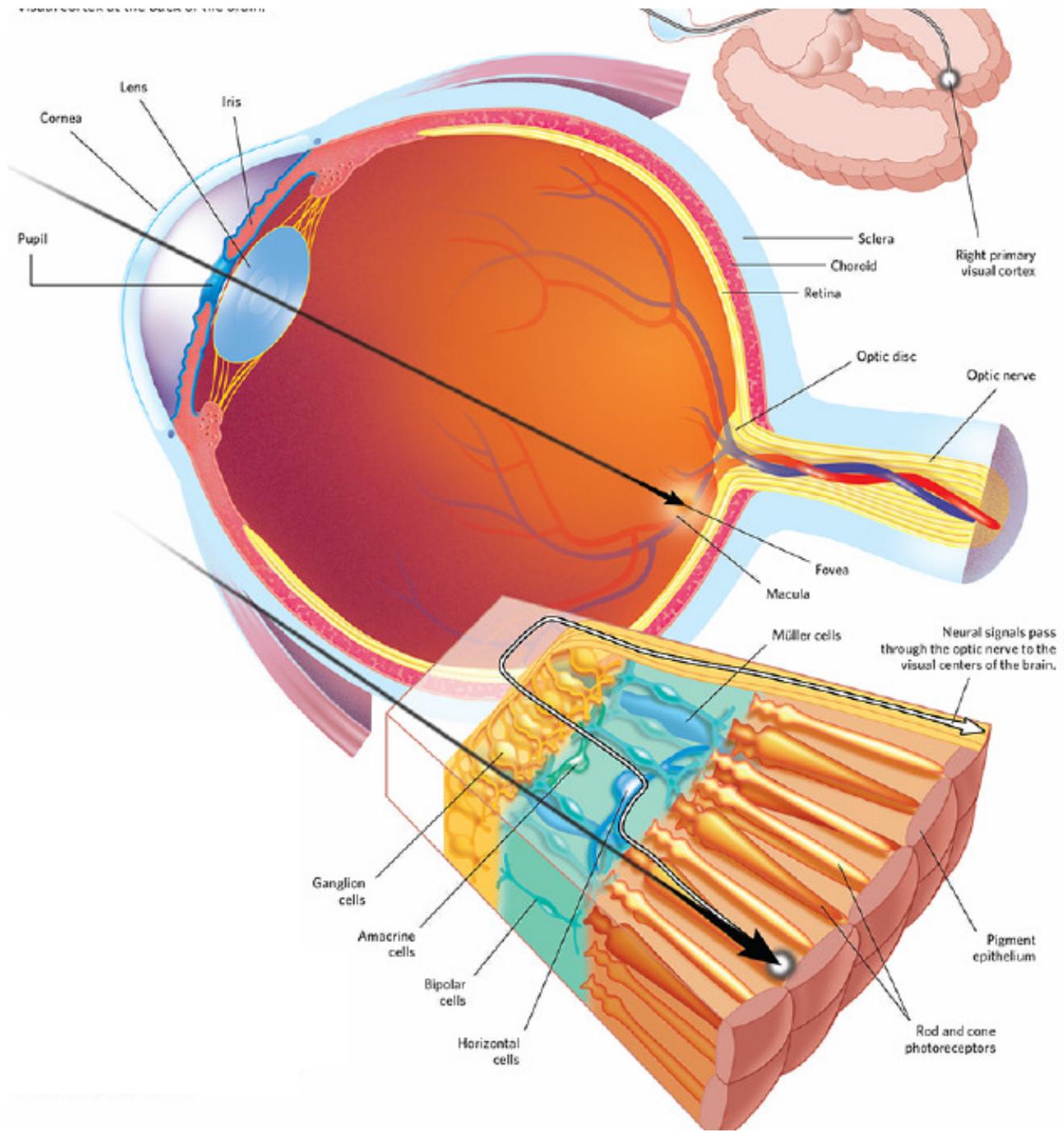
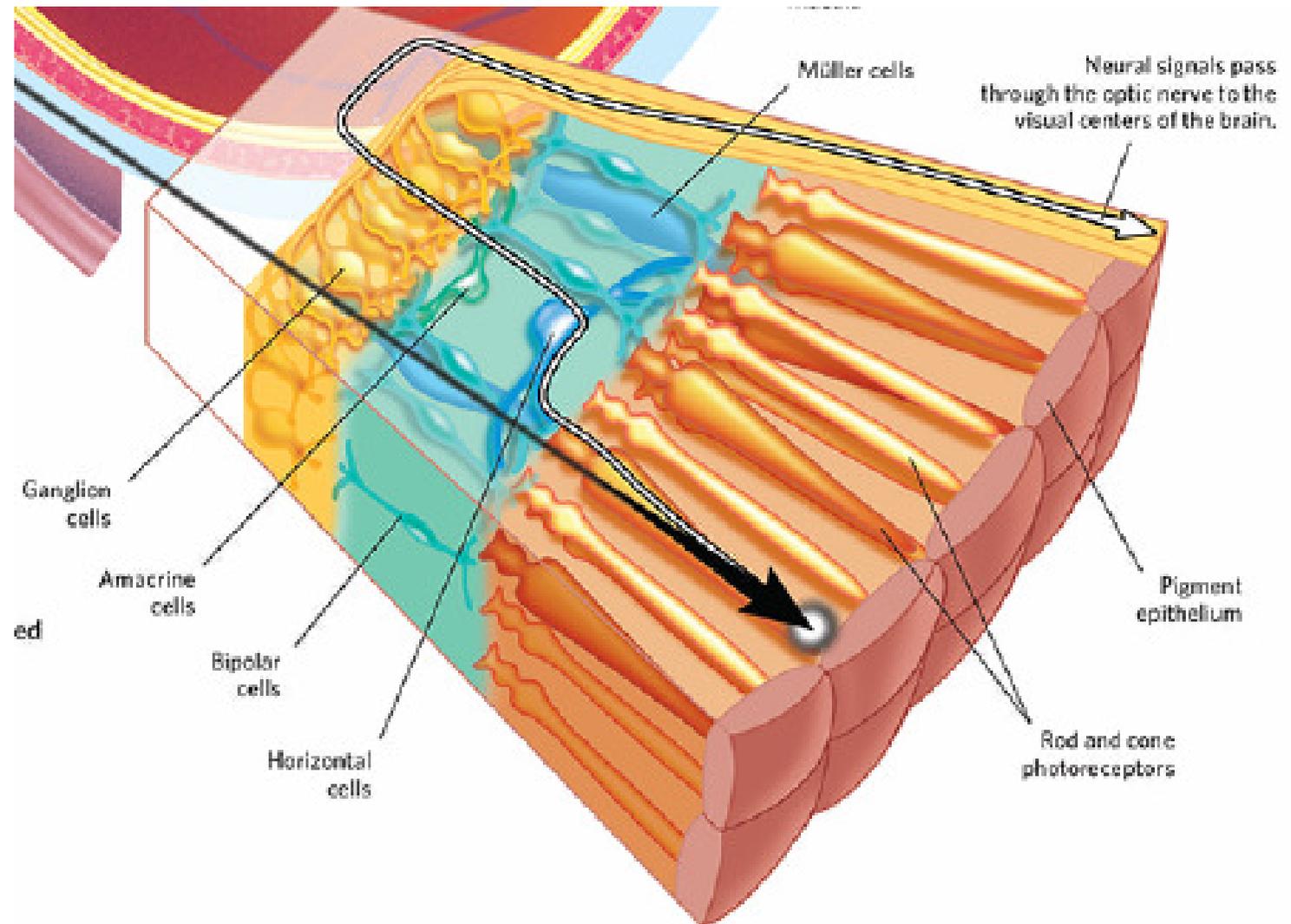


Figure 14.1 The eye and the brain

... a luz deve
receptores no final da
retina a luz deve
atravessar outras camadas



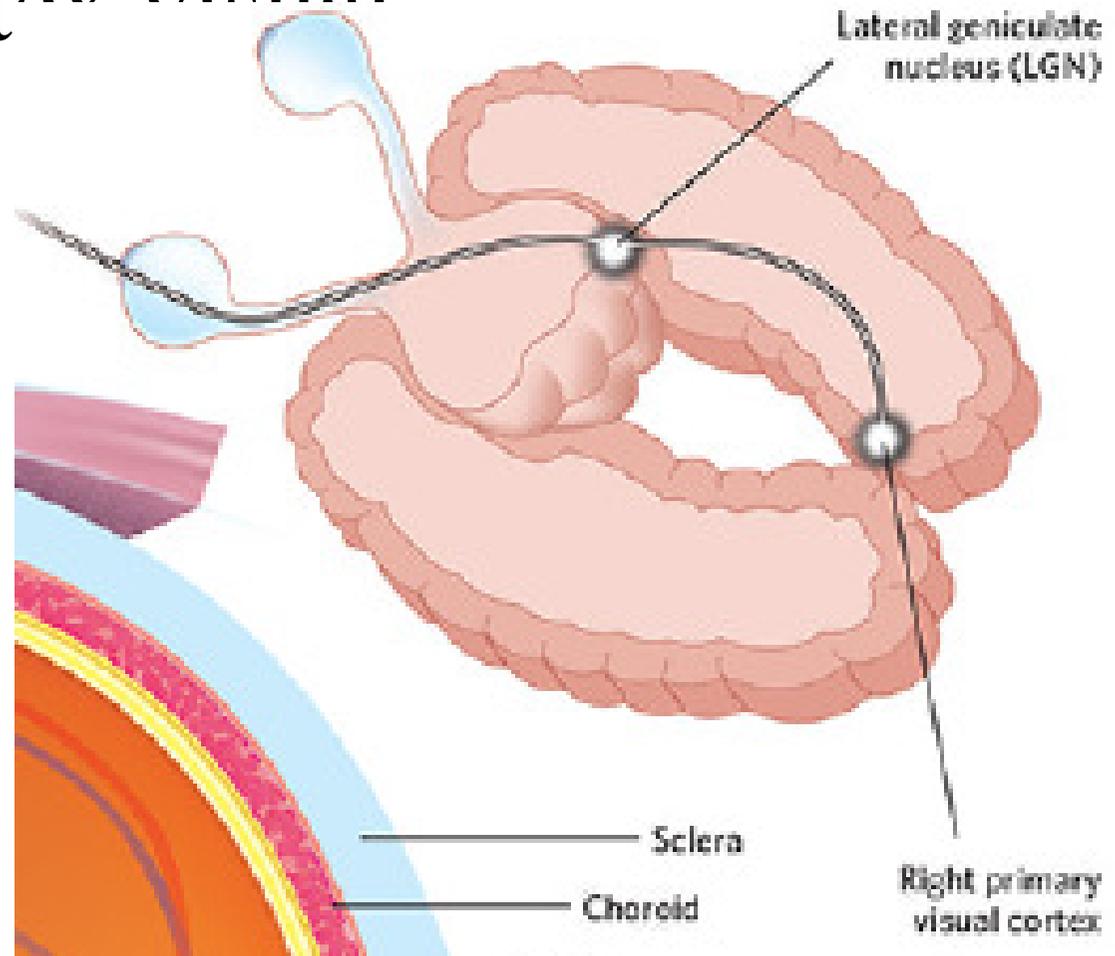
Continuando....

Em seguida o sinal segue para o cérebro onde se direciona a áreas específicas para o tratamento de cor e iluminação.

Esta divisão é responsável por diferentes percepções independentes.

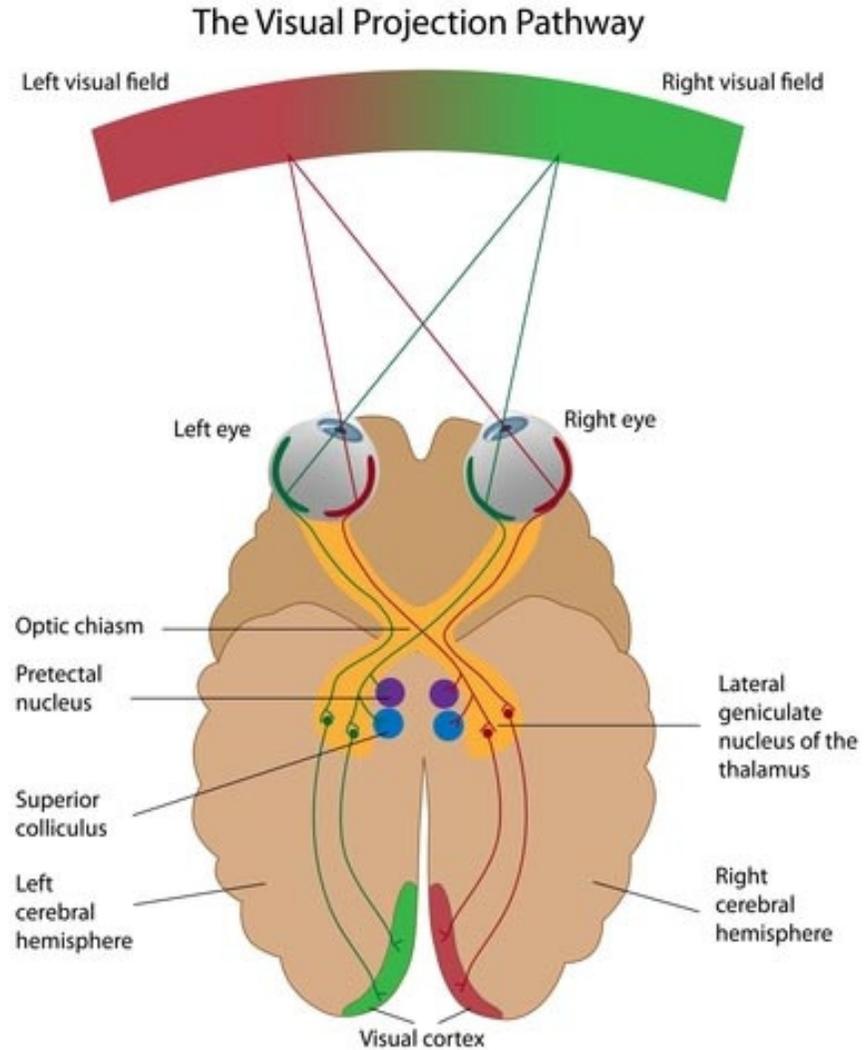
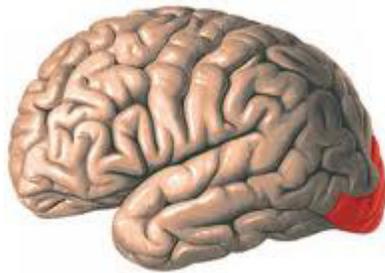
O nervo óptico leva os sinais visuais a diversas regiões do cérebro e aos 2 hemisférios, neste caminho passam pelo Núcleos Laterais Geniculares (LGN) até o cortex visual

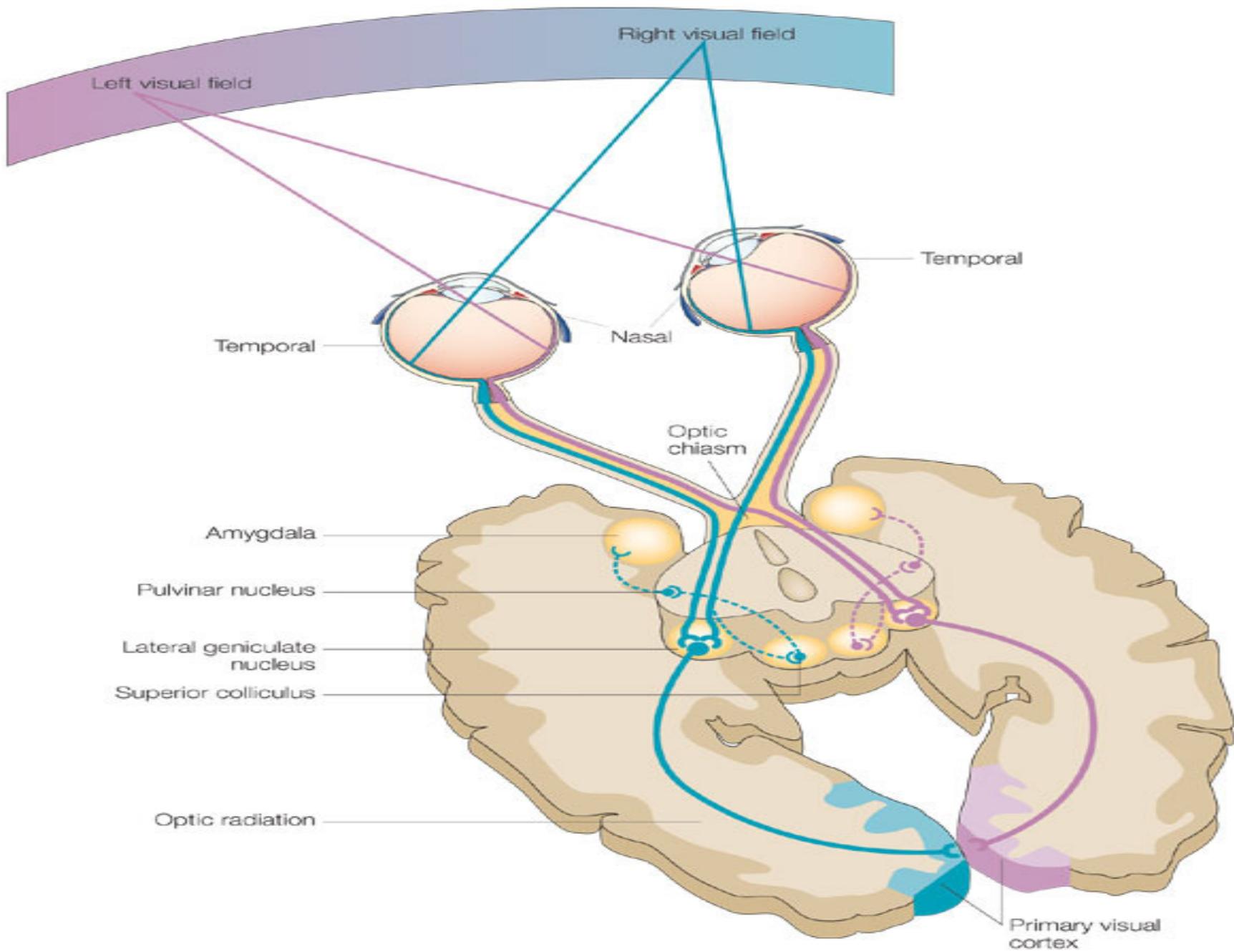
Núcleos Laterais Geniculares (LGN)
Campos visuais do mesmo lado de cada olho



Núcleos Laterais
Geniculares (LGN)
Campos visuais do lado
direito de cada olho é
tratado no LGN do lado
esquerdo

córtex visual





Fim aula de 04-02-2021

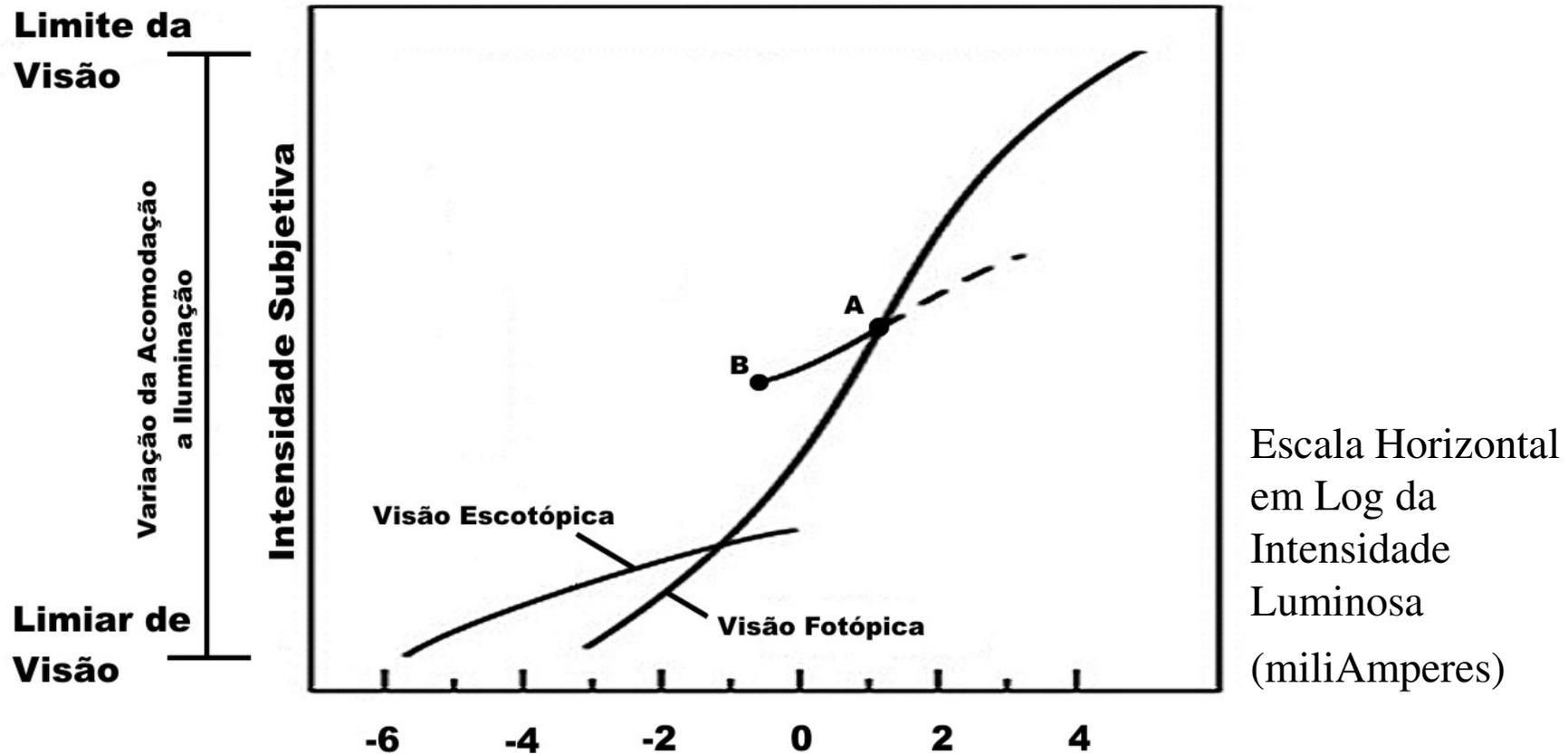
Sistema de Visão Humana

Característica do processo de visão

- Adaptabilidade ao nível de iluminação, muito claro e ao quase completamente escuro**

Sistema de Visão Humana

Visão Escotópica e Fotópica

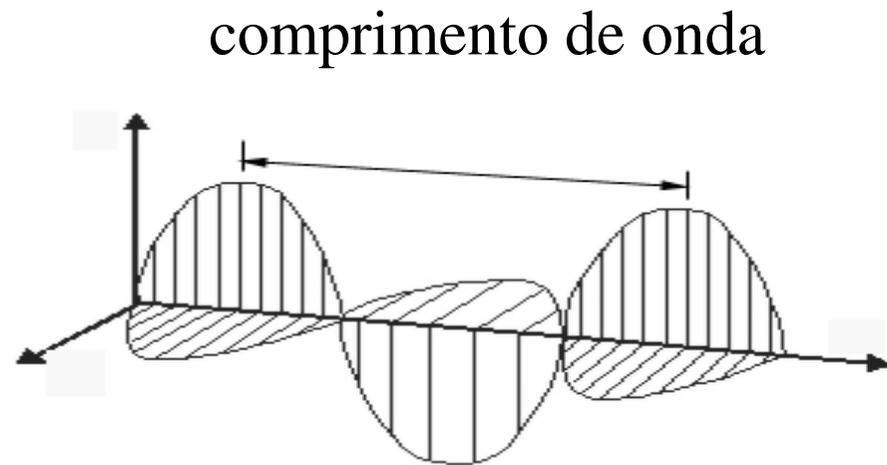
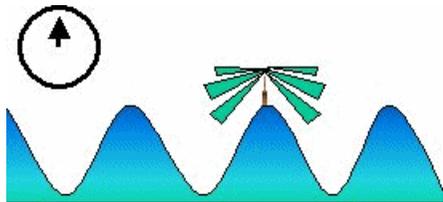


Intensidade Luminosa da visão escotópica e fotópica

Características ópticas da luz

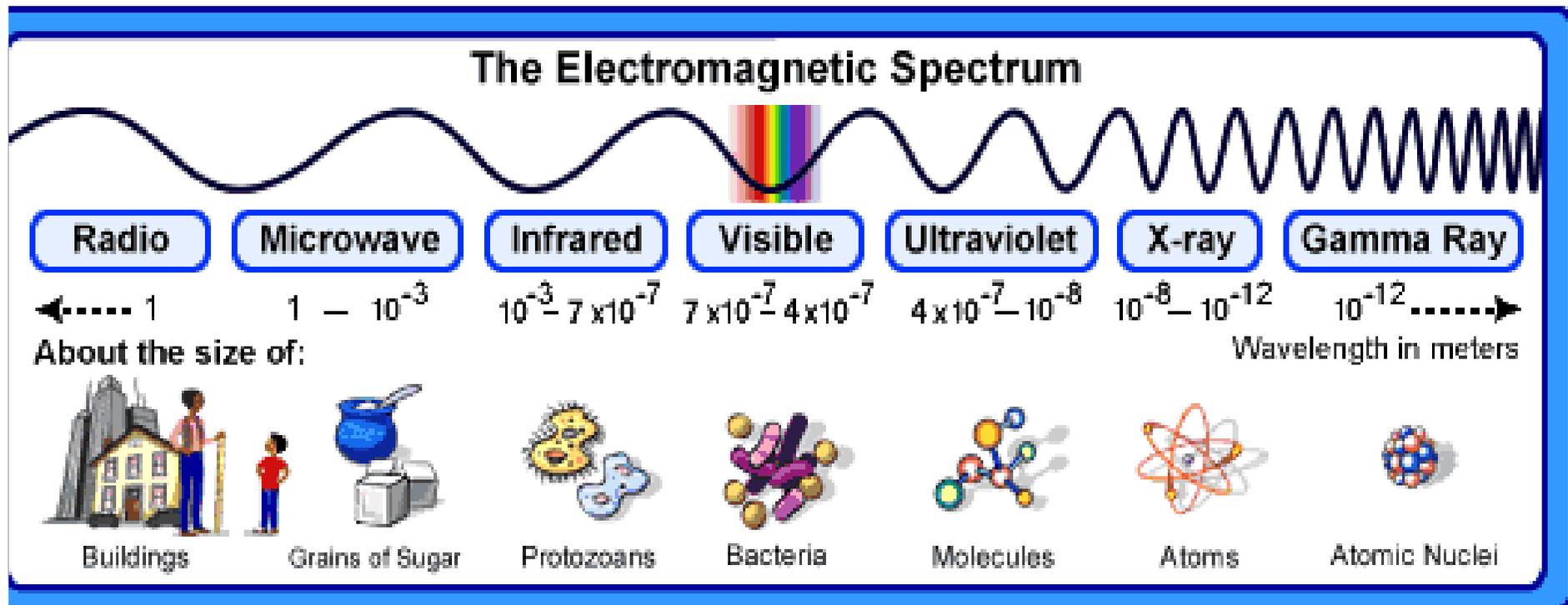
A luz é uma radiação eletromagnética que interage com as superfícies por:

- reflexão
- absorção
- transmissão



Espectro eletromagnético

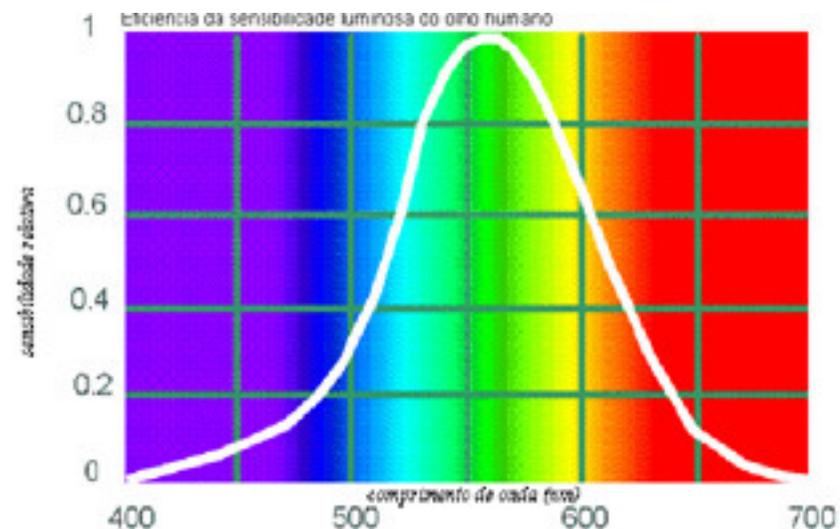
E comprimentos de onda



Características ópticas da luz

Limites de sensibilidade

- Os limites do espectro visível e das faixas de cores não são bem definidos (dependem da sensibilidade dos órgãos visuais e da intensidade luminosa)
- As curvas de sensibilidade se aproximam assintoticamente do eixo horizontal nos limites, tanto para os maiores quanto para os menores comprimentos de onda.
- Pode-se detectar radiações além de 380 e 700 nm se elas forem suficientemente intensas.



Características ópticas da luz

Imagem Térmica
O que é *false color*?



Exemplo de uma cena exibida em RGB e a mesma cena captura por um sensor térmico e representada associando o nível de temperatura a cores (*false color*)

Características ópticas da luz

Radiações do espectro eletromagnético.

	RADIAÇÃO	COMPRIMENTO DE ONDA (nm)
ACTÍNEO	Ondas curtas UV - C	100 a 280
	Ondas médias UV - B	280 a 315
	Ondas longas UV - A	315 a 400
VISÍVEL	Espectro visível	400 a 700
TÉRMICO	Ondas curtas IV - A	700 a 1400
	Ondas médias IV - B	1400 a 3000
	Ondas longas IV - C	mais de 3000

Representação como pontos de um espaço 3D de Cor

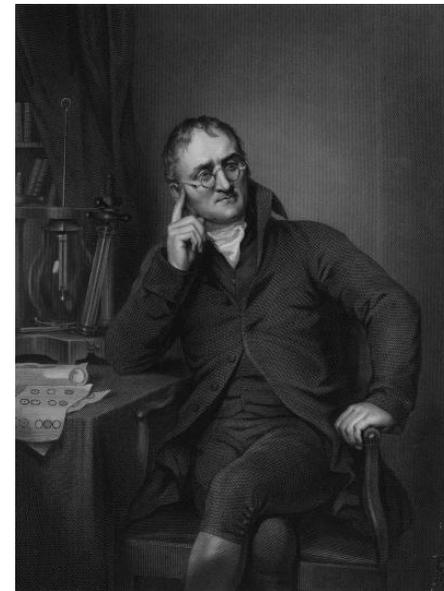
Cores criadas com o vetor cromático R,G,B

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	

Percepção de Cor

Daltonismo.

O primeiro tratado científico sobre a deficiência na visão de cores foi publicado em 1798 pelo químico Inglês **John Dalton [1766-1844]** por isso todos os problemas de visão a cores são também chamados de **Daltonismo.**



Percepção de Cor

Discromatopsias: defeitos de visão de cores

- Combinando luzes vermelhos, verdes e azuis em intensidades adequadas, os indivíduos normais enxergarão a cor branca - são os **tricromatas normais**.
- Algumas pessoas **necessitam das 3 cores**, porém de intensidade **bem maior de uma** dessas cores e menor nas outras - são chamadas de **tricromatas anormais**.

Percepção de Cor

Tricromatas anormais

- Produzem os 3 pigmentos, mas com sensibilidade anormal.
- Podemos identificar dois tipos **principais** de **tricromatas anormais** :
 - protanômalos e
 - deuteranômalos,conforme necessitem de um excesso de **vermelho** ou **verde**.

Percepção de Cor

Dicromatas :

- Outras pessoas, os **dicromatas**, são capazes de vêr o **branco** com mistura de apenas **duas** das três cores primárias aditivas.
- Dicromatismo é consequência da **ausência de síntese** de um desses pigmentos.
- Mais comuns pessoas **protanópsicas** ou **deuteranópsicas**, caso a **ausência** se faça em relação **ao vermelho** ou ao **verde**, respectivamente

Percepção de Cor

Monocromatas:

- Uma fração muito pequena das pessoas é constituída de monocromatas; esses vêem qualquer luz como apenas branco, seja ela de qualquer uma das três cores ou suas combinações.

Percepção de Cor

Problemas com as cores **verde** e **vermelho** são mais comuns:

- Por apresentarem **afinidades fisiológicas**, os **protanômalos** e **protanópsicos** são reunidos sob o nome de **protanóides**.
- O mesmo ocorre com os **deuteranômalos** e **deuteranópsicos**: constituem o grupo dos **deuteranóides**.

Percepção de Cor

Em resumo, tem-se:

1. TRICROMATAS

1.1 NORMAIS

1.2 ANORMAIS

1.2.1 **PROTANÔMALOS** (déficit para o Vermelho)

1.2.2 **DEUTERANÔMALOS** (déficit para o Verdes)

1.2.3 **TRITANÔMALOS** (déficit para o Azul)

2. DICROMATAS

2.1 **PROTANÓPISICOS** (sem fotopigmento Vermelho)

2.2 **DEUTERANÓPISICOS** (sem fotopigmento Verdes)

2.3 **TRITANOPISICOS** (sem fotopigmento Azul)

3. MONOCROMATAS OU ACROMATAS

Teste de Daltonismo

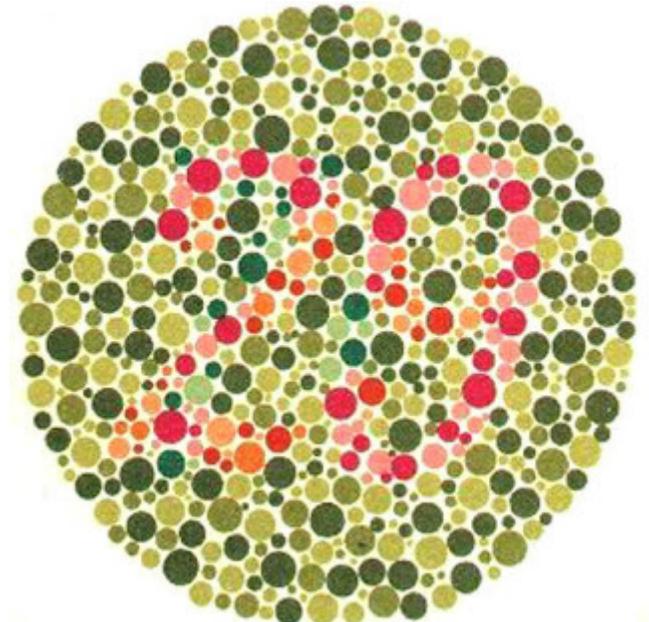
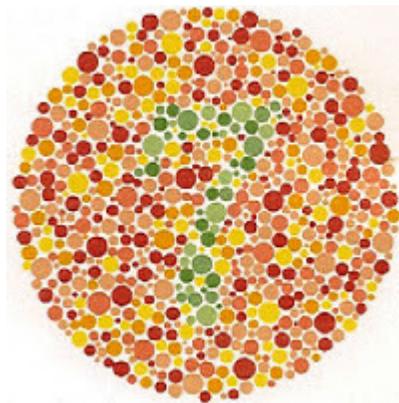
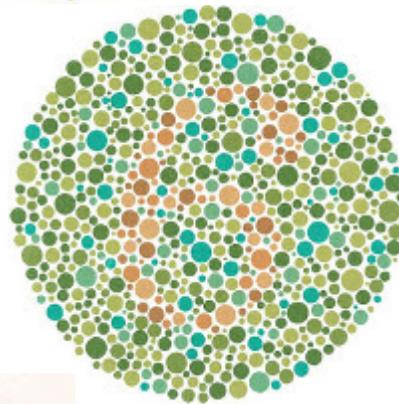
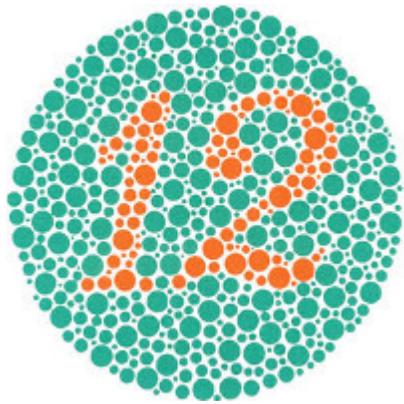
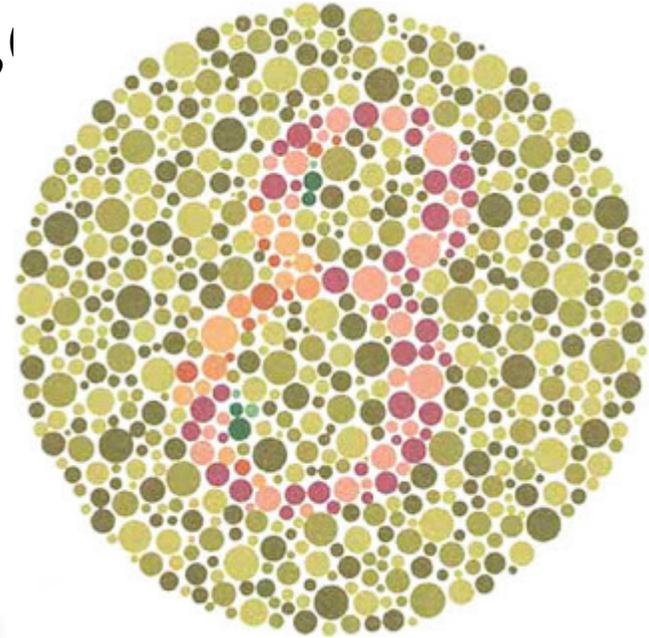
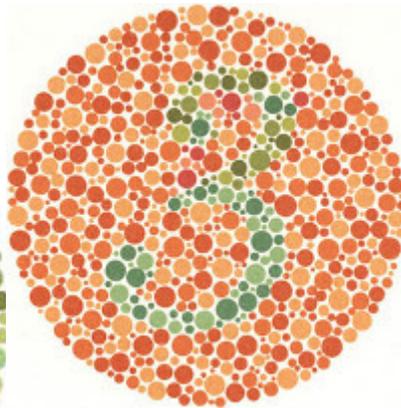
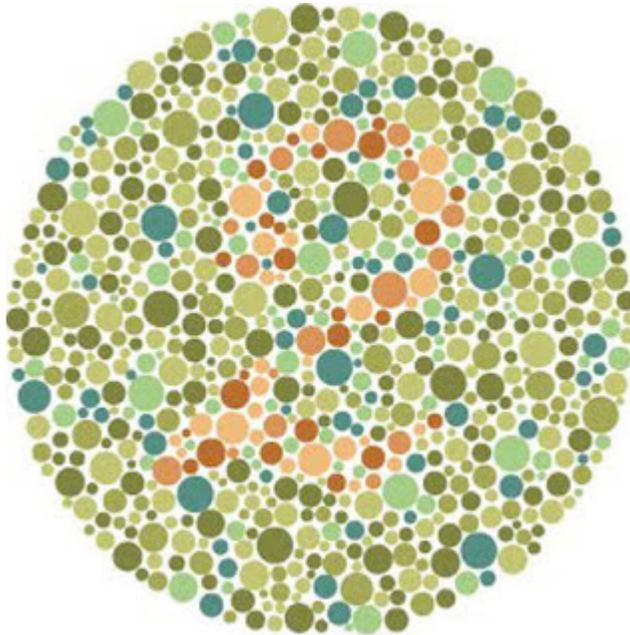
Na maioria das vezes o daltônico leva anos para perceber sua deficiência: Como sentir falta de algo que nunca se viu?

Devido a fatores genéticos ligados ao cromosoma X, as mulheres têm muito menos probabilidade de serem daltônicas do que os homens.

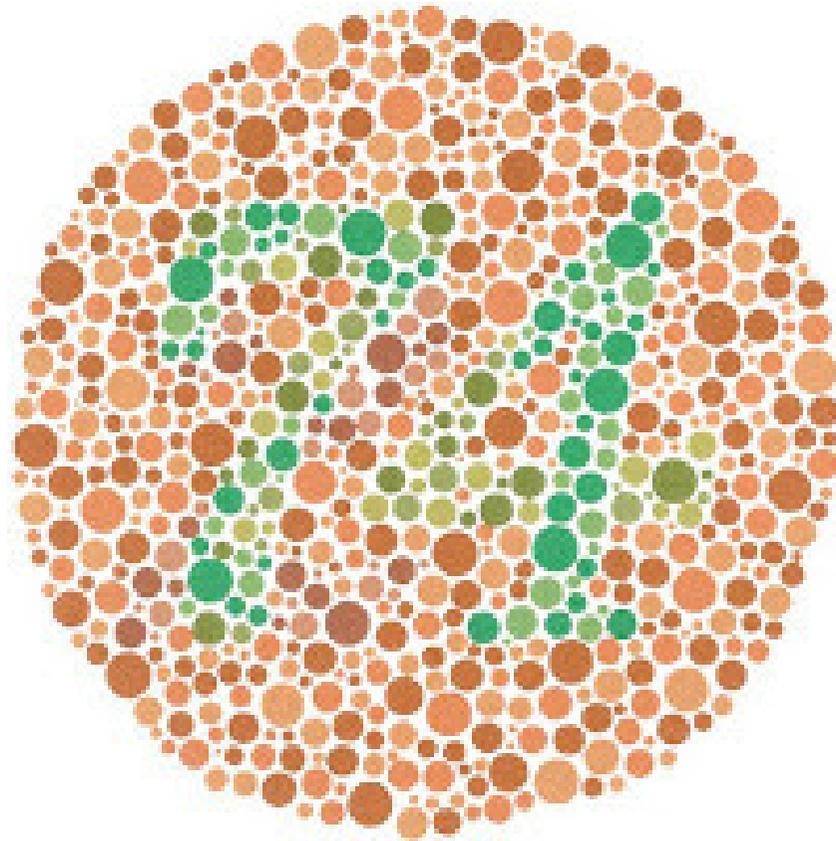
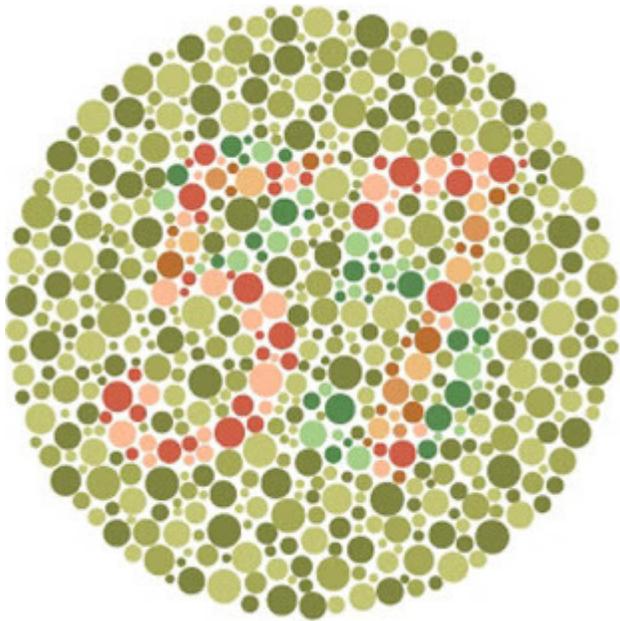
Teste resumido de daltonismo utilizando figuras de Ishihara.

O objetivo deste teste é identificar os números presentes em cada figura.

**peças com daltonismo não enxergam
os números 2, 12, 3,**



peçoas com daltonismo não enxergam os números 57, e 74



Espaços de Cores

Para que a quantificação seja possível, é e necessário um domínio para se trabalhar com a cor, ou seja, um **espaço de cores**.

Este deve ter as seguintes propriedades:

- Capacidade de representar a **maior quantidade** de cores possíveis.

- Possuir **uma base** (com o menor número de cores possíveis) capaz de gerar todo o espaço.

- Considerar ao máximo as **características fisiológicas** do sistema ótico e subjetivas do sistema perceptivo.

O espaço de cor *RGB*

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

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

Em geral define-se em três como o número de cores primarias em um espaço, devido ao fato do olho humano possuírem **três tipos de fotorreceptores**.

Nem todos os espaços de cor possuem uma **base com cores primárias**, nos espaços de cores *HSV* e *HSL* não existe um grupo de cores primarias.

Mesmo em um espaço com uma base, nem sempre essa base será formada por **comprimentos de onda visíveis**.

Por exemplo no espaço de cor *XYZ*, os 3 comprimentos de onda primários **X, Y e Z que formam a base não são visíveis**, mas podem ser usados para produzir **todas as outras cores visíveis**

Existem diversos tipos de
modelos,
são eles :

Fisiológico.

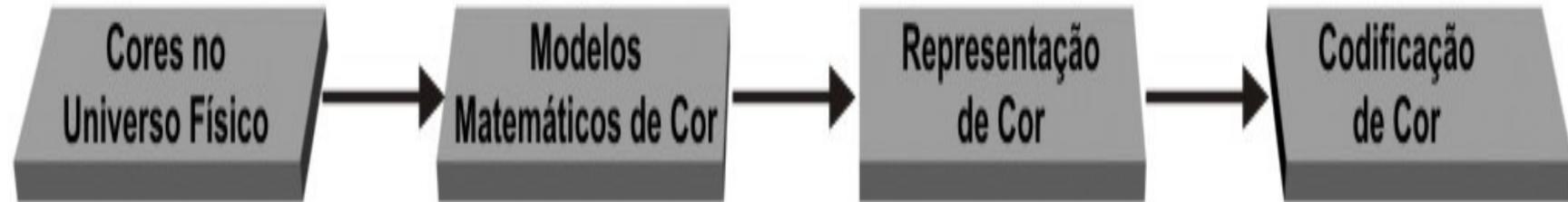
Sensações Oponentes.

Baseado em Medidas Físicas.

Adequados a determinado equipamento.

Psicofísico.

Modelos de Cores



Níveis de abstração de cores.

Modelos de cor

Elementos que descrevem a cor mais próximos a **intuição humana**:

- matiz;
- saturação;
- intensidade.

(a) Mudança de Matiz



(b) Mudança de Saturação



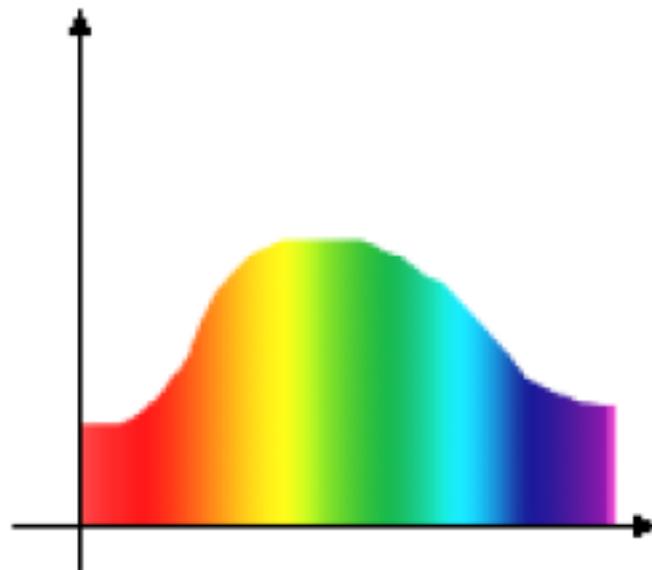
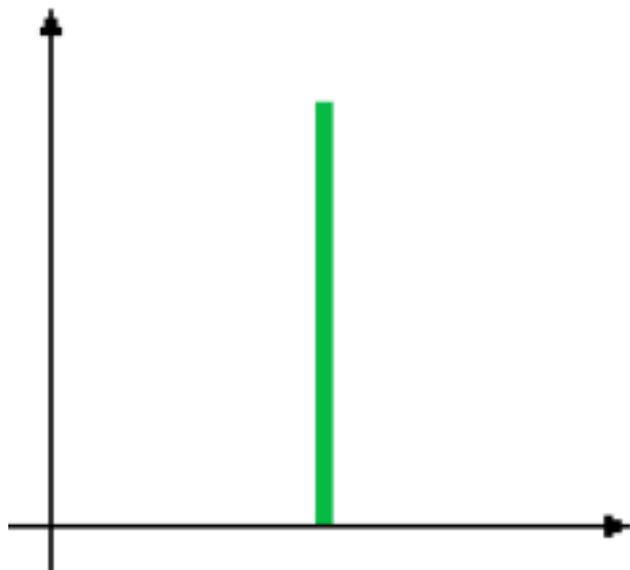
(c) Mudança de Intensidade



Variações no matiz, saturação e intensidade.

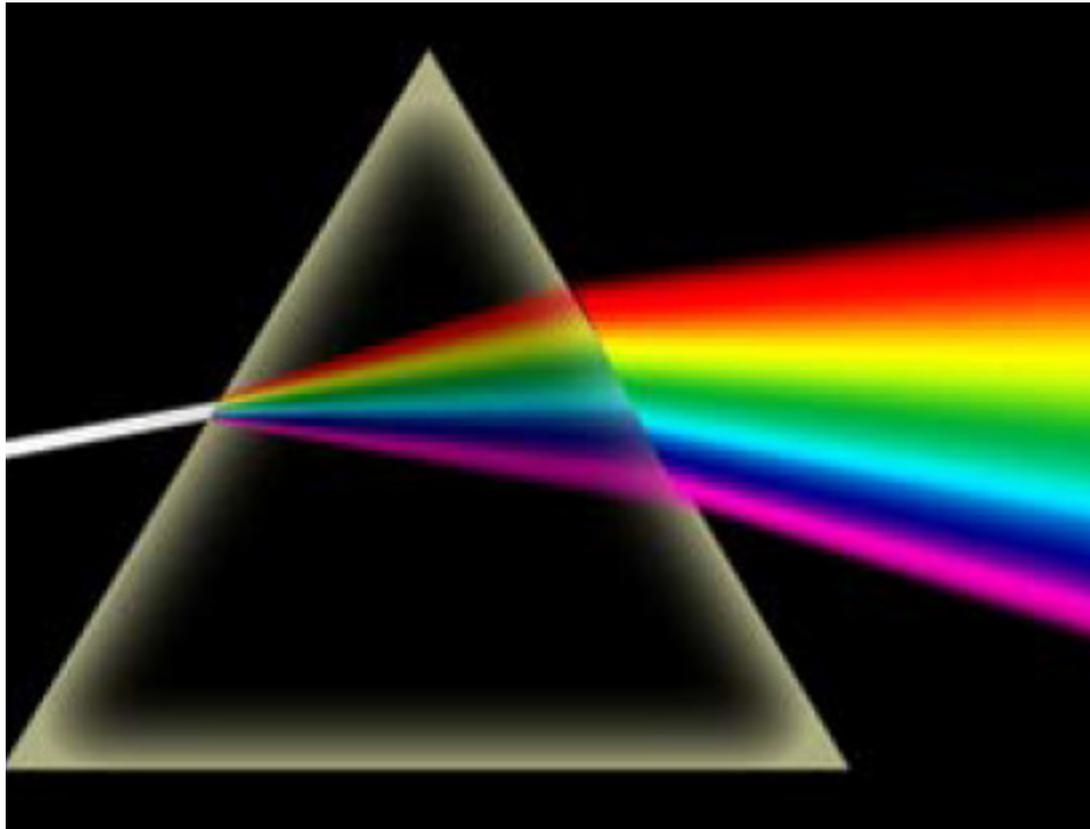
Cor pura x cor em mistura

Indistinto aos olhos humanos



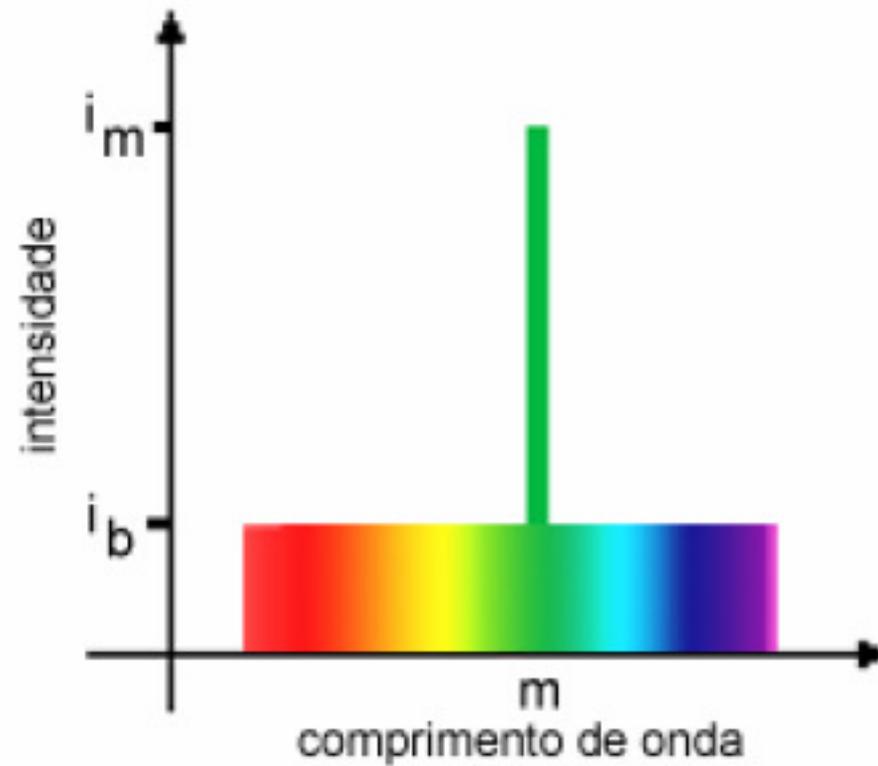
Luz branca:

Todos os comprimentos de onda misturados



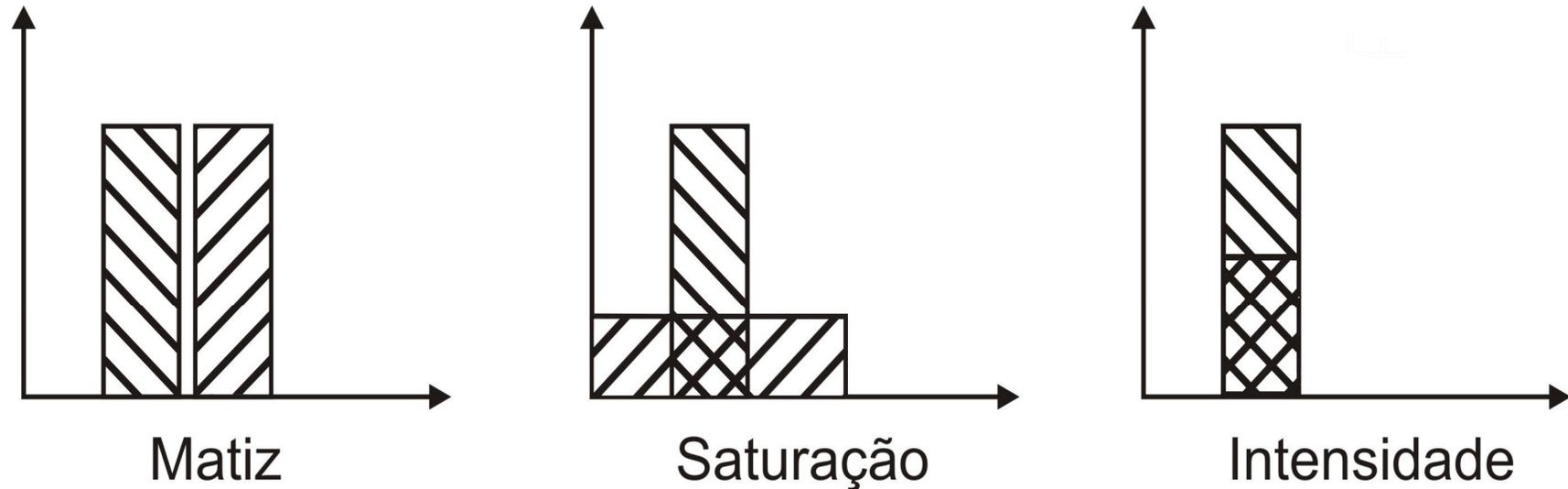
Matiz (Hue), Saturação

Intensidade = energia luminosa



Modelos de cor

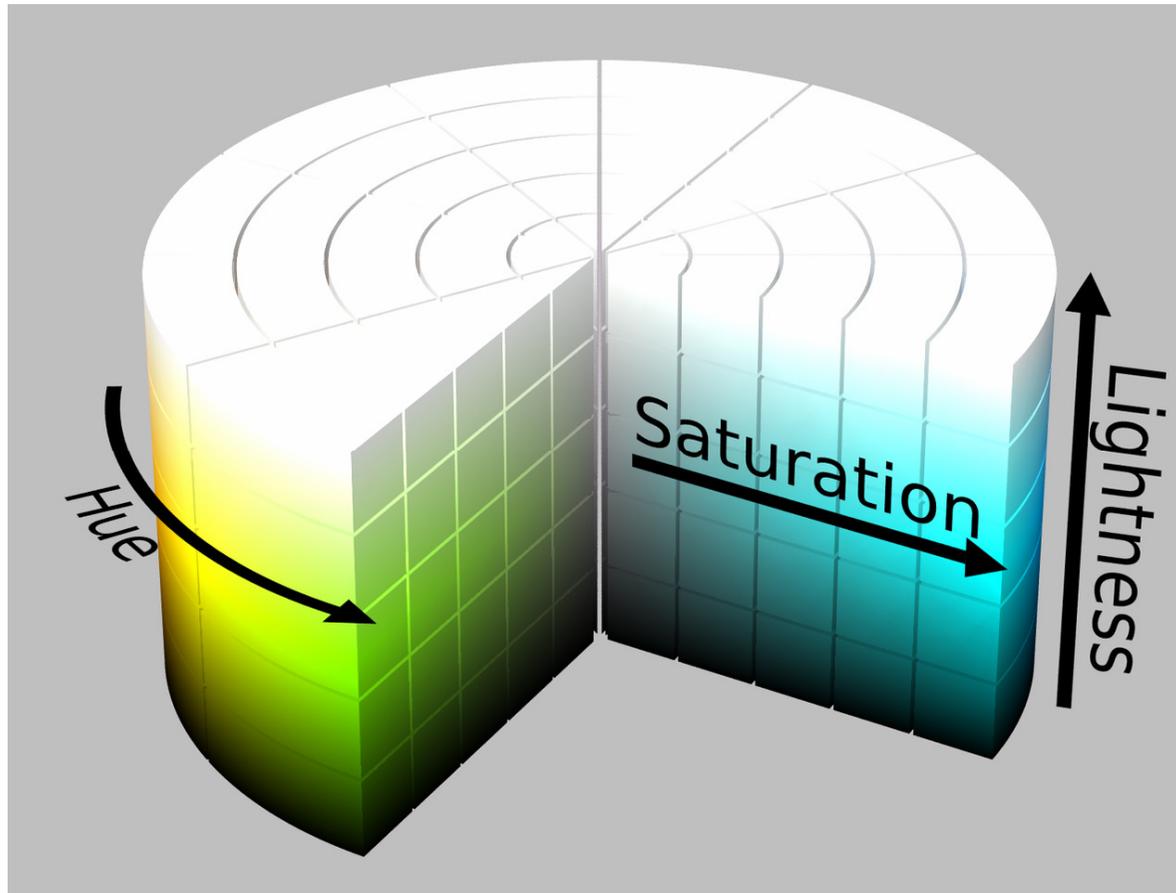
Matiz, saturação e intensidade



Conceitos de matiz, saturação e intensidade.

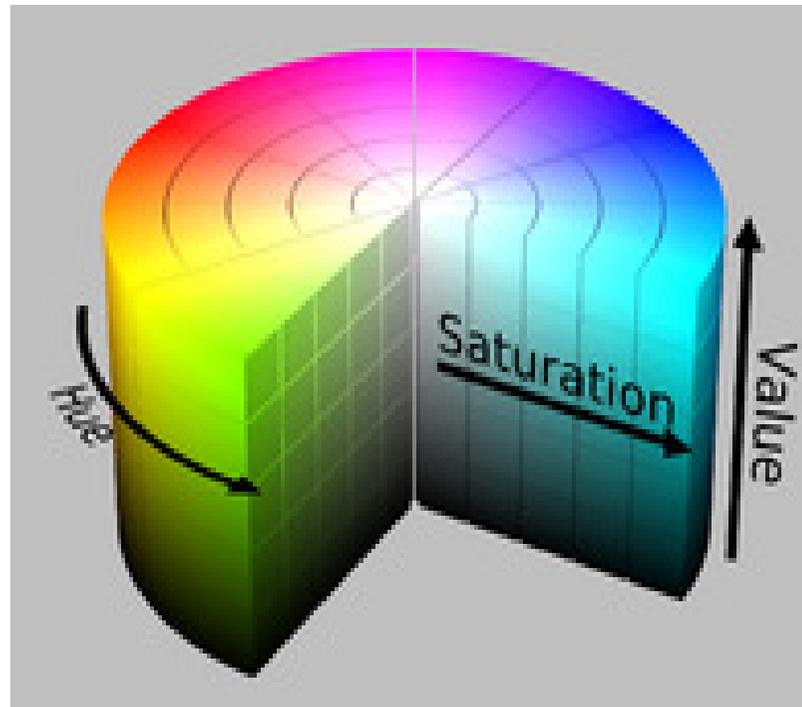
Para CG:

- Esses e elementos da Visão colorida são muito úteis !

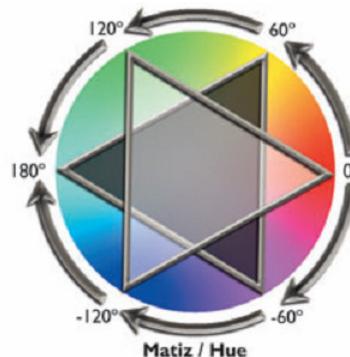


Em aplicações usuais de CG

Poder manipular os 3 facilita diversos aspectos , pois um so considera a cor (H), o outro se é mais ou menos pura (S) e o terceiro sua intensidade (V) :



Exemplo, um sistema de reconhecimento ou representação de notas de dinheiro por cor: Independentemente de estarem mais gastas, novas ou apagadas, o que caracteriza em termo das cores essas imagens?



Ao fazer a animação de uma fruta verde ficar madura:

no RGB seria

0 , 100% , 0 - > 100% , 0 , 100%

(verde) - > (magenta)

Se feito em 3 interpolações de tons teríamos:

25% , 75% , 25% (verde mais claro)

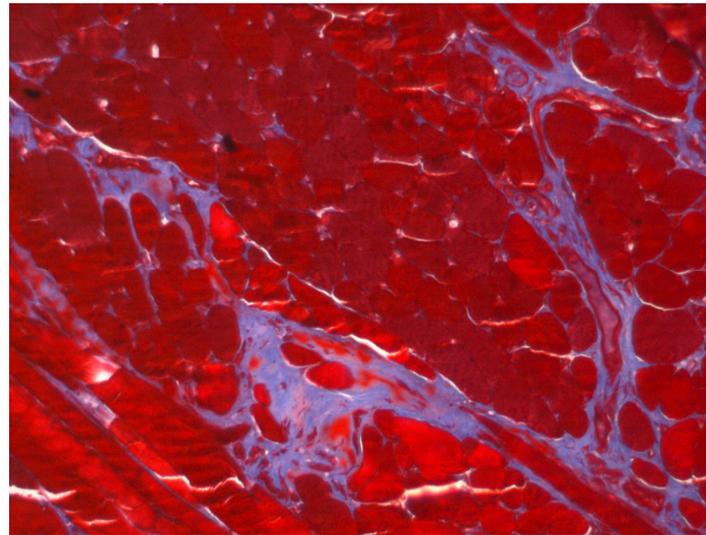
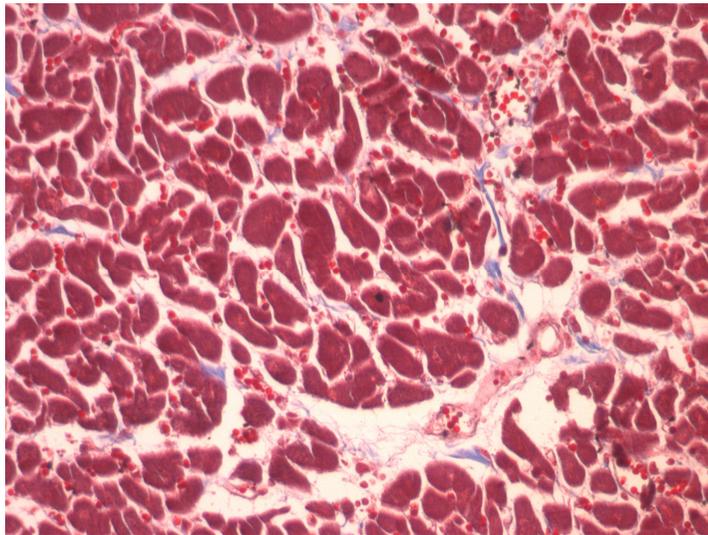
50 % , 50 % , 50% - > **cinza!!!! Isso é o esperado?**

75 % , 25% , 75% (magenta claro)

100 % , 0 % , 100% (magenta)

Identificar a área de um agente reativo: em ciano

Identificar um matiz e pequenas variações em
torno dele:



Modelo Fisiológico

considera a fisiologia da retina humana, ou seja, considera a existência de 3 células receptoras de luz combinando 3 elementos básicos.

Aditivos > para as **cores** por exemplo:
vermelha, **verde** e **azul**.

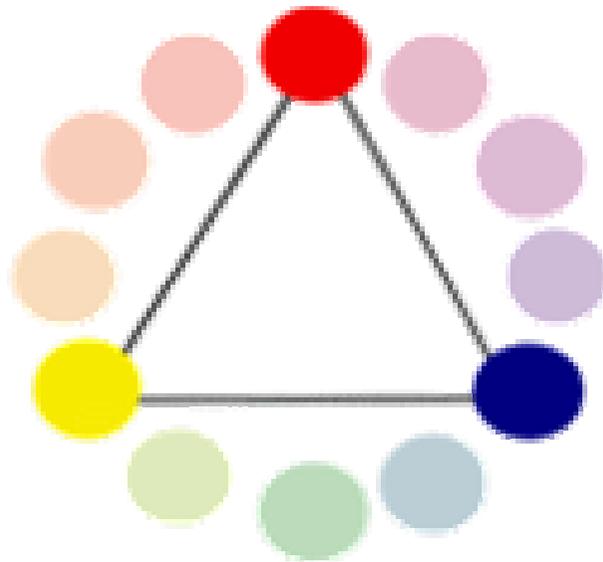
Subtrativos > para as **tintas** por exemplo: >
magenta, **amarelo** e **ciano**



Cores aditiva obtidas pela combinação de luzes RGB

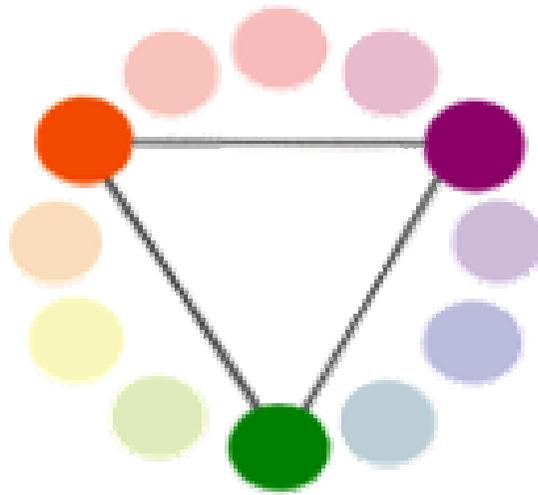
Primary Colors:

São as consideradas como bases para a descrição das demais, exemplo RGB, CMY, RYB, etc...



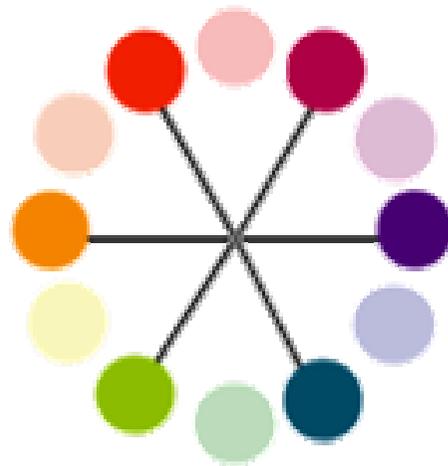
Secondary Colors:

Obtidas da mistura de 2 primarias.



Tertiary Colors:

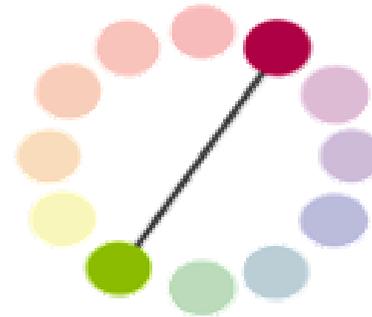
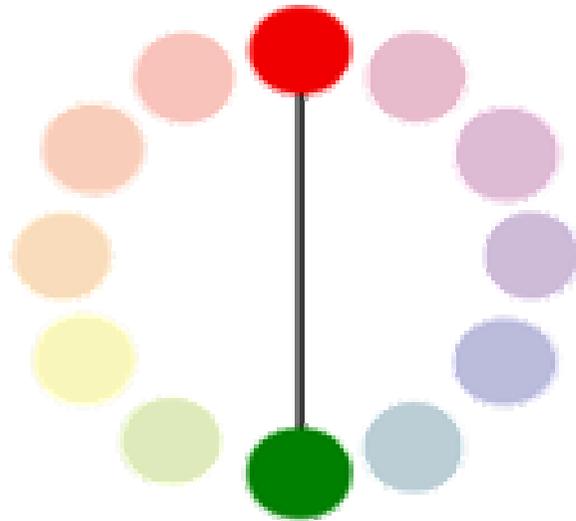
Obtidas da mistura de primarias (hues) e secundarias (hues).



Cores Complementares :

Em um determinado sistema de cor, são as que combinadas produzem o **branco** ou o **preto** (se aditivos ou subtrativas) .

Se encontram em pontos opostos do círculo de matizes de um modelo de cor.



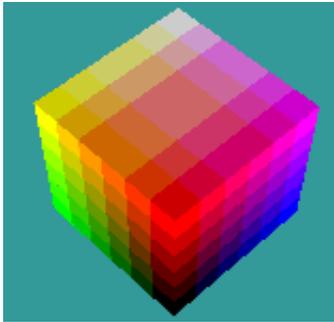
Color Análoga :

- Tem mesma percepção por um humano padrão
- É o que se busca reproduzir nos diversos sistemas de cores (color conversion).

Modelos de cor

RGB

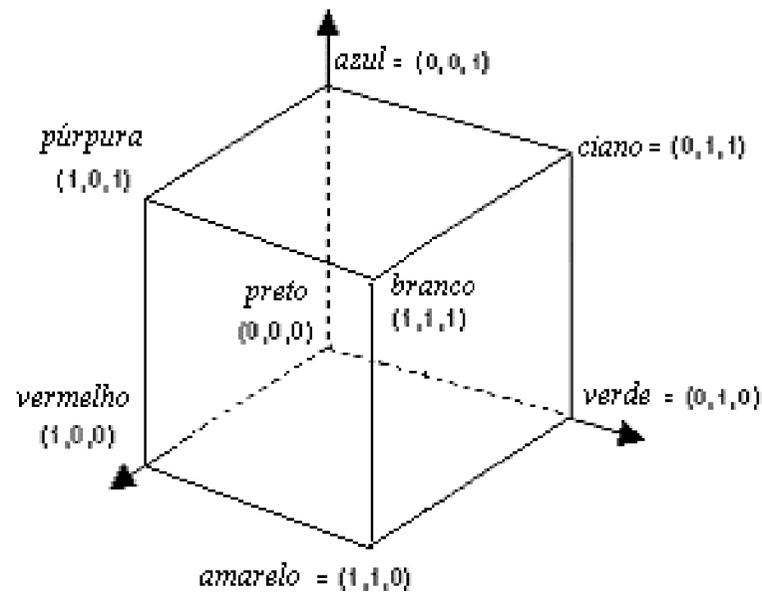
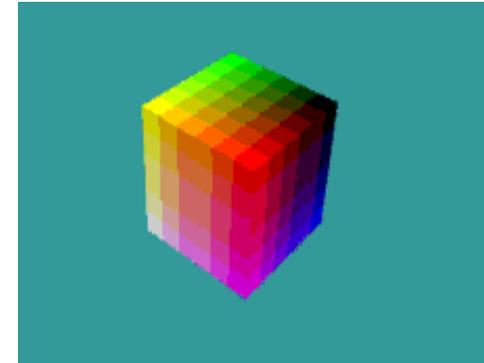
- Base de primárias do sistema:
 - $R(\lambda)$ luz vermelho com comprimento de onda de 700 nm
 - $G(\lambda)$ luz verde com comprimento de onda de 546 nm
 - $B(\lambda)$ luz azul com comprimento de onda de 435.8 nm



Modelos de cor

Sistema RGB

Normalizado entre 0 e 1



O Sistema CIE XYZ

- Os fotorreceptores cones dos olhos humanos têm picos de sensibilidade às ondas **curtas** (*S*: 420–440 nm), **médias** (*M*: 530–540 nm), e **longas** (*L*: 560–580 nm).
- Assim em princípio 3 parâmetros são suficientes para descrever a sensação de cor humana.
- Essas são as consideradas cores primárias de um modelo aditivo de cor
- As mais usadas destas são as definidas pela **Commission internationale de l'éclairage** - CIE 1931 e denominadas *X*, *Y* e *Z*.
- O CIE XYZ, é um dos muitos espaços de cores aditivos e serve como base para a definição de cores de forma padronizada
- Site oficial: <http://cie.co.at/>

Sólido de cores visíveis

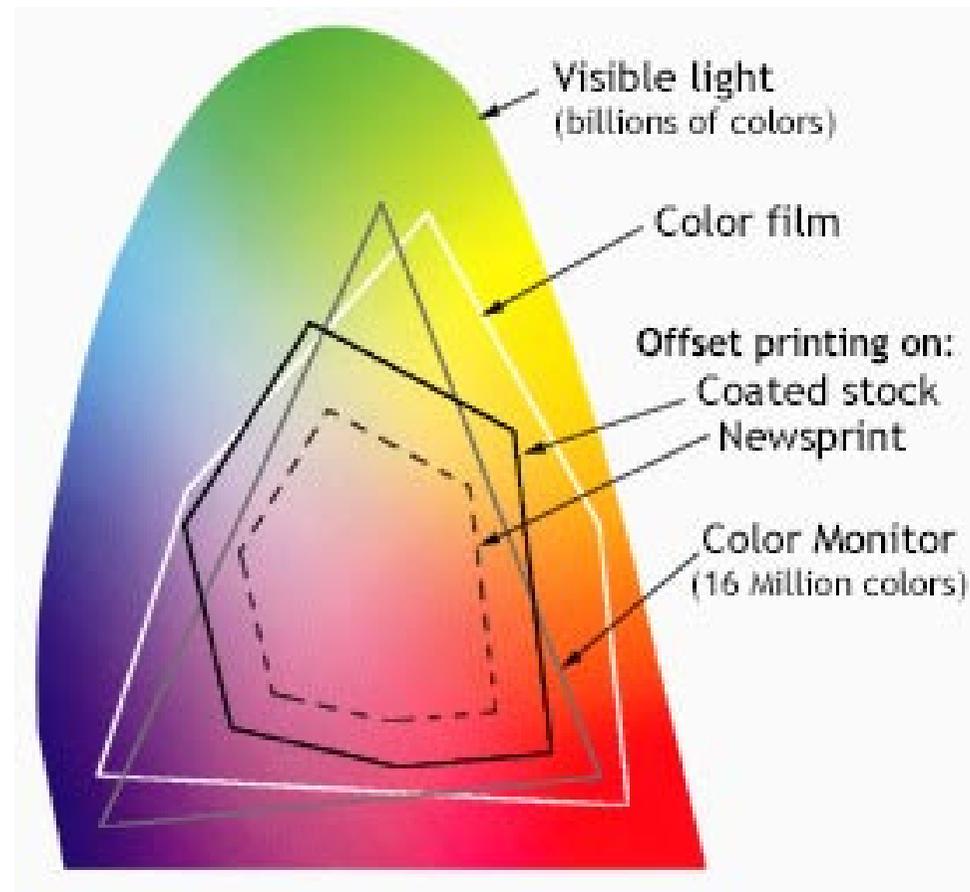
- Devido aos 3 tipos de sensores de cores a resposta a diferentes amplitudes de comprimentos de onda que representam todas as cores visíveis é uma figura 3D.

Mas o conceito de uma cor pode ser descrito em 2 partes sua **intensidade luminosa ou energia** (brightness) e a **cor (chromaticity)**.

- **Na cor em si:**
sua característica **H + pureza S**

Assim tem-se uma representação 2d ou plana:
diagramas de cromaticidade

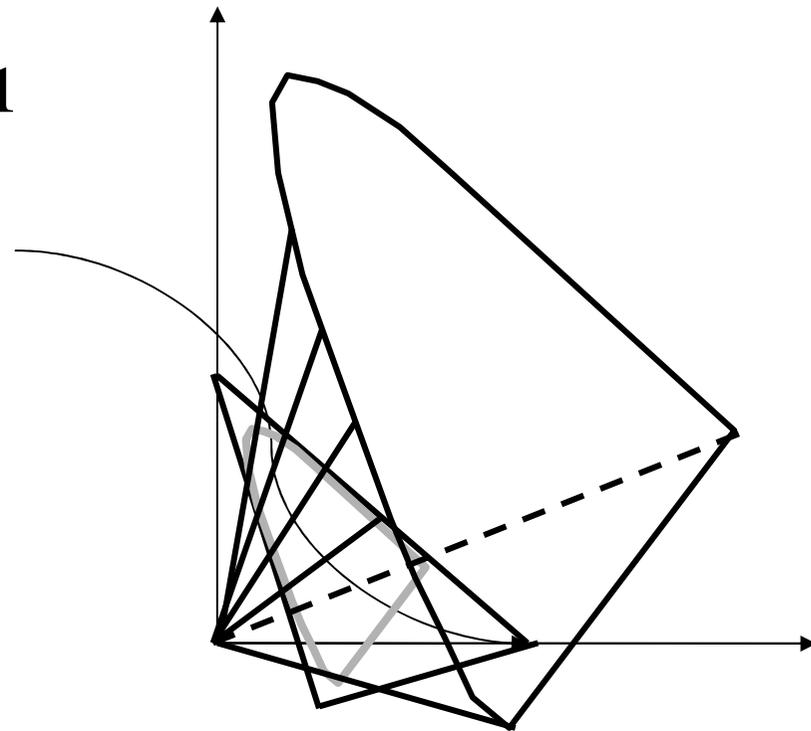
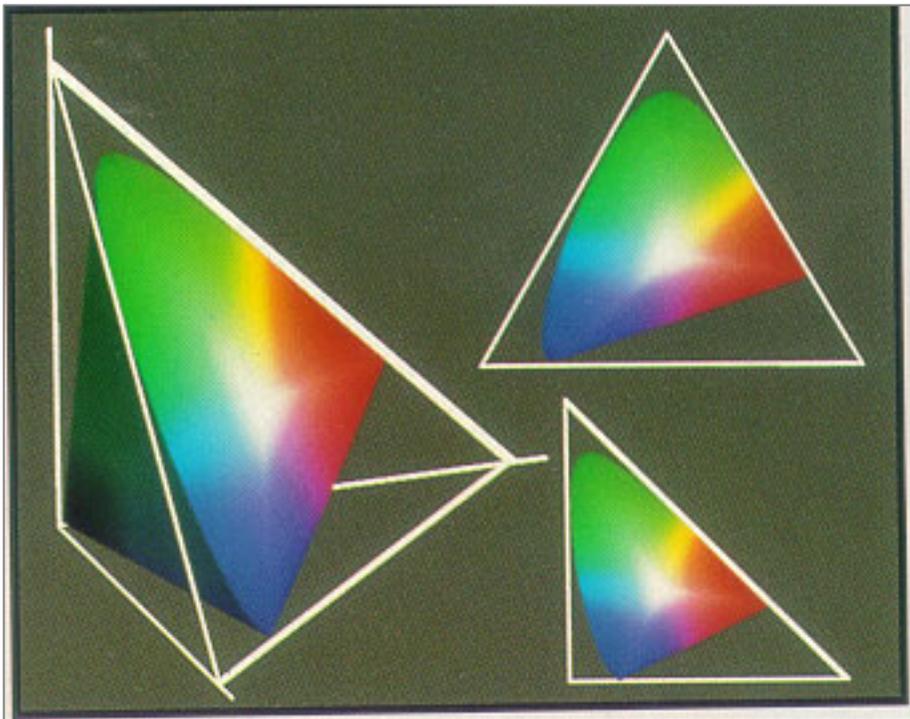
**Separando a intensidade
intensidade luminosa
Da cromaticidade,
pode-se ter um plano
de cores**



Modelos de cor

Sólidos de cores visíveis e diagramas de cromaticidade

Plano $X+Y+Z=1$



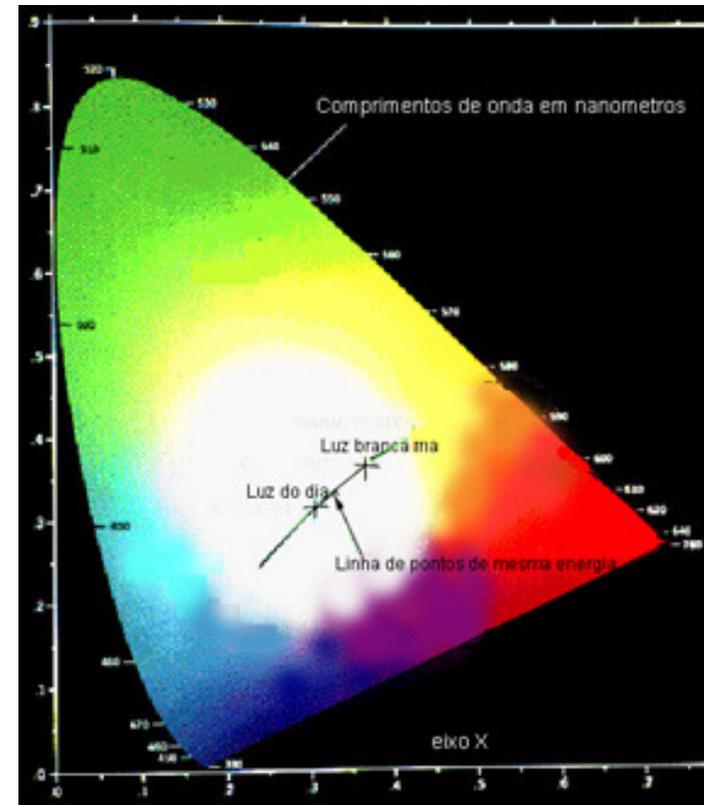
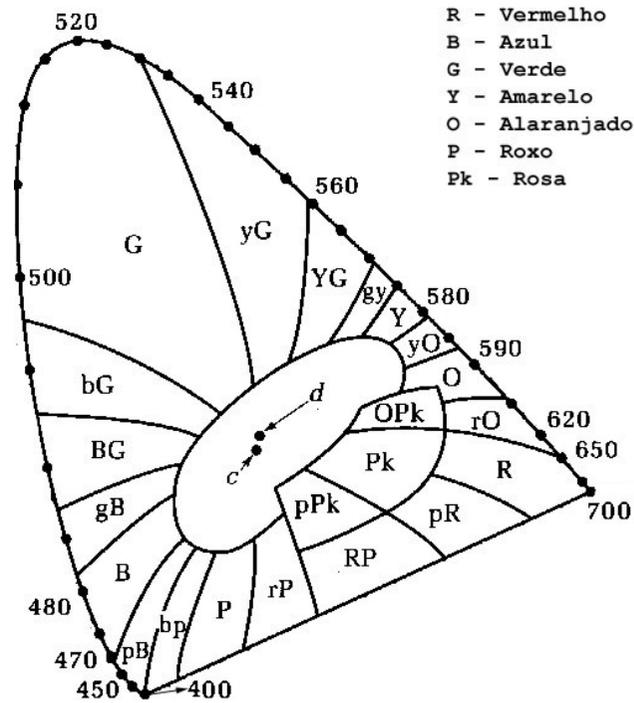
A cromacidade define a cor em si

- A intensidade diz o quanto ela é intensa.
- Por exemplo uma **cor branca** e um **cinza**, no fundo tem a mesma combinação de cores primárias, mas o branco é muito mais intenso que o cinza.
- Assim é possível descrever a cor em 2D e surgem os **diagramas de cromacidade**

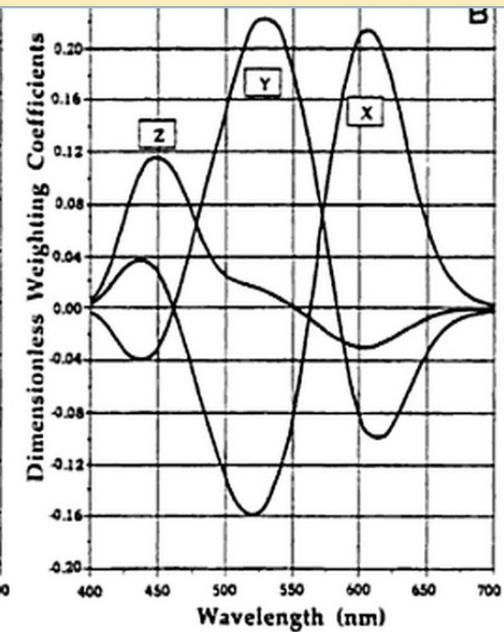
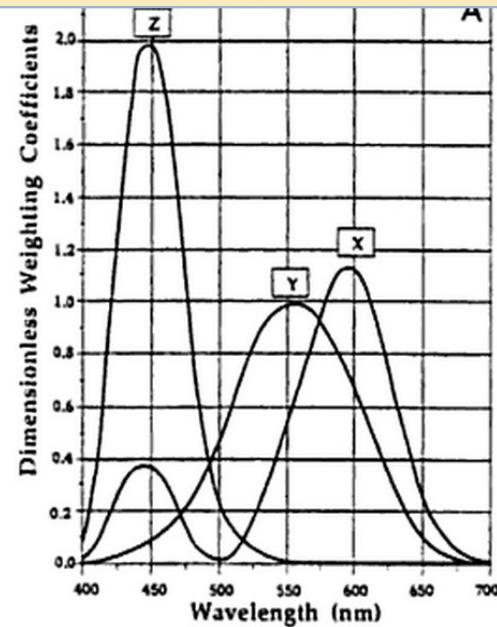
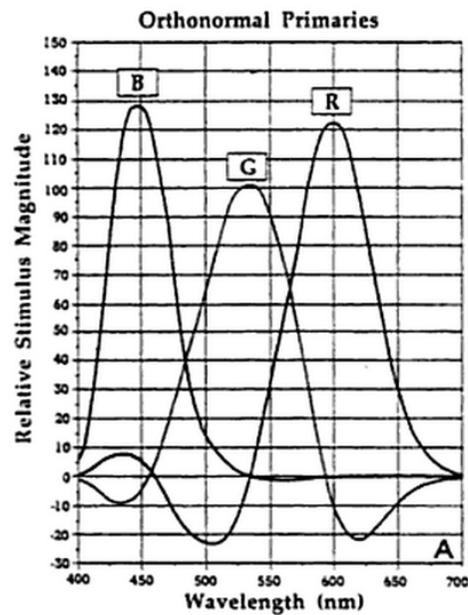
Modelos de cor

Cores visíveis

- Diagrama de Cromacidade CIE



Coeficientes negativos



Na geração da cor, mudando o referencial ,
podem se tornar positivos

Modelos de cor

Sistema XYZ

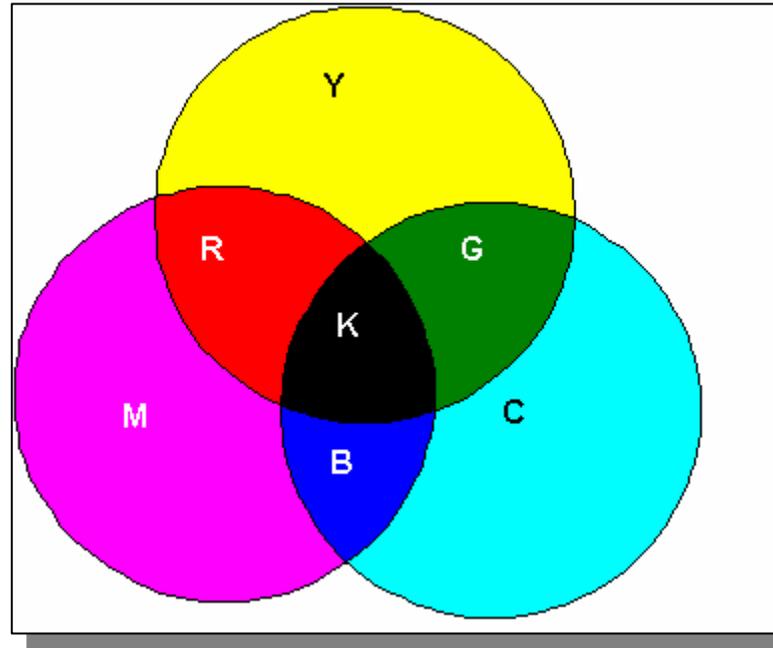
conversão entre os sistemas CIE-RGB e CIE-XYZ

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.489989 & 0.310008 & 0.200003 \\ 0.176962 & 0.812400 & 0.010638 \\ 0.000000 & 0.009999 & 0.990001 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix},$$
$$\begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2.364666 & -0.896583 & -0.468083 \\ -0.515155 & 1.426409 & 0.088746 \\ 0.005203 & -0.014407 & 1.009204 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}.$$

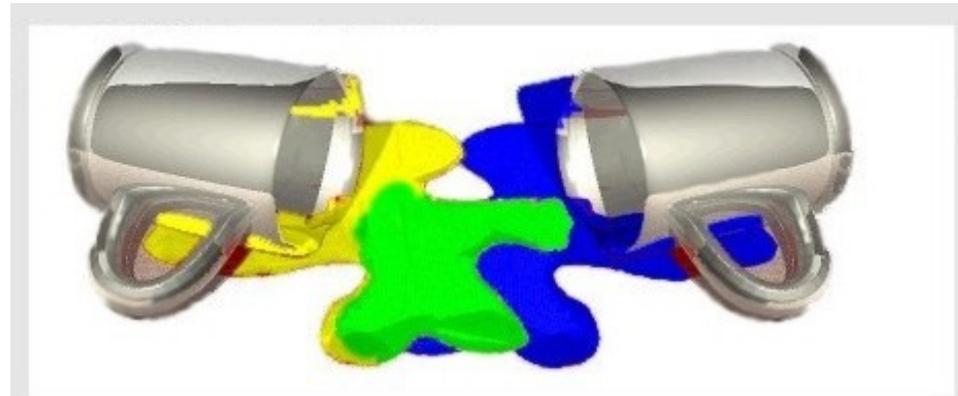
CIE (Comission Internationale de l'Eclairage)

Modelos de cor

Sistemas de cores subtrativos CMY

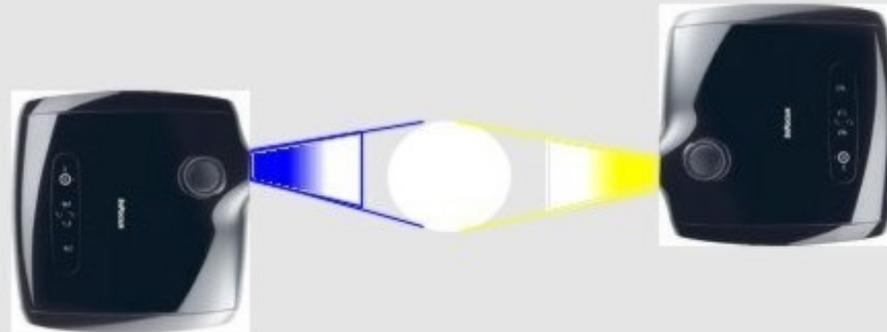


Modelos de cor: noção de primárias, secundárias e terciárias



Tinta amarela misturada com tinta azul cria uma tinta verde.

Cores complementares



Luz amarela com luz azul cria uma luz branca.

Os pigmentos se combinam, subtraindo intensidades luminosas da luz que atinge os objetos.

Imagens Coloridas

Imagens multibandas são imagens digitais onde cada *pixel* possui n bandas espectrais.

Quando uma imagem é representada pela composição das três bandas visíveis (RGB) tem-se uma imagem colorida aos olhos humanos.



(a) Imagem Colorida



(b) Banda Vermelha (Red)



(c) Banda Verde (Green)



(d) Banda Azul (Blue)

Imagem colorida e cada uma de suas bandas RGB.

Modelo de Sensações Oponentes

Considera que as respostas dos 3 tipos de cones são combinadas para alimentar um dos **2 canais de cores oponentes**: o **vermelho-verde** e o **amarelo-azul**

Este modelo usa a característica de que a cor **vermelha** e **verde** se cancelam, ou seja, não são vistas simultaneamente no mesmo lugar, não existe o **vermelho esverdeado!**

O mesmo acontece com o **amarelo** e **azul** não existindo assim o **amarelo azulado**.

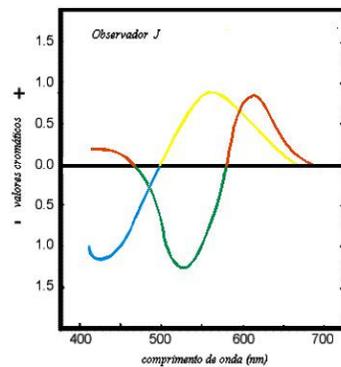
Este espaço consegue explicar vários fenômenos visuais que não são adequadamente explicados pelas outras teorias.

Percepção de Cor

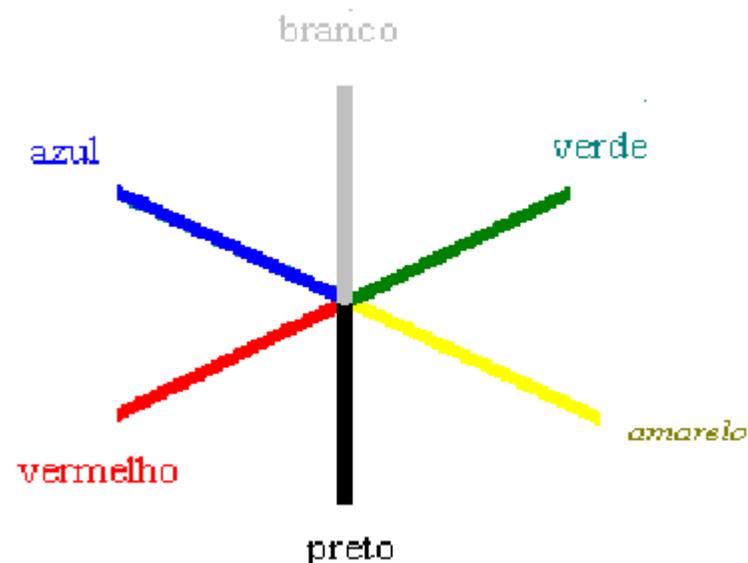
Mais sobre as deficiências cromáticas em:

http://en.wikipedia.org/wiki/Color_blindness#Clinical_forms_of_color_blindness

A complexidade da forma de descrição da percepção fazem surgir os diversos modelos e espaços de cores como os oponentes.

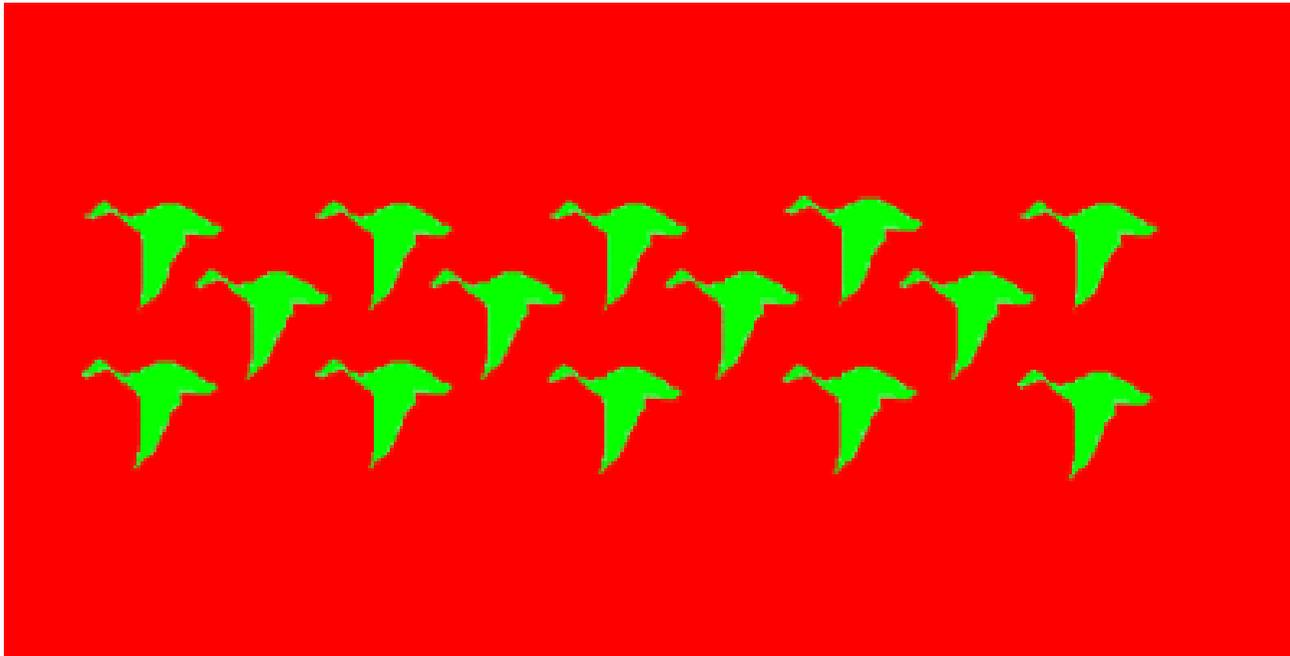


Sistemas de cores oponentes

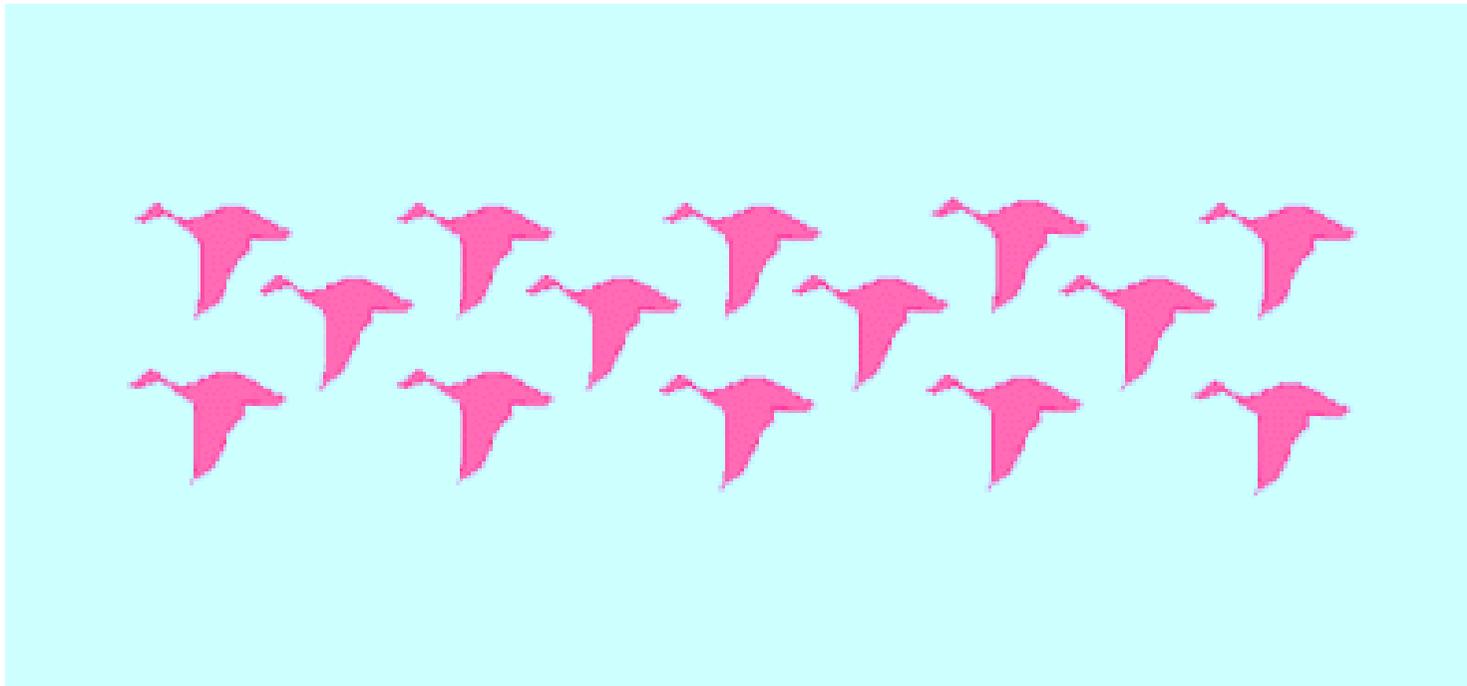


Cores oponentes explicam coisas como: as AFTER IMAGES

Fixe nesta imagem por pelo menos 20 segundos, depois olhe para uma parede branca que cores você vê?



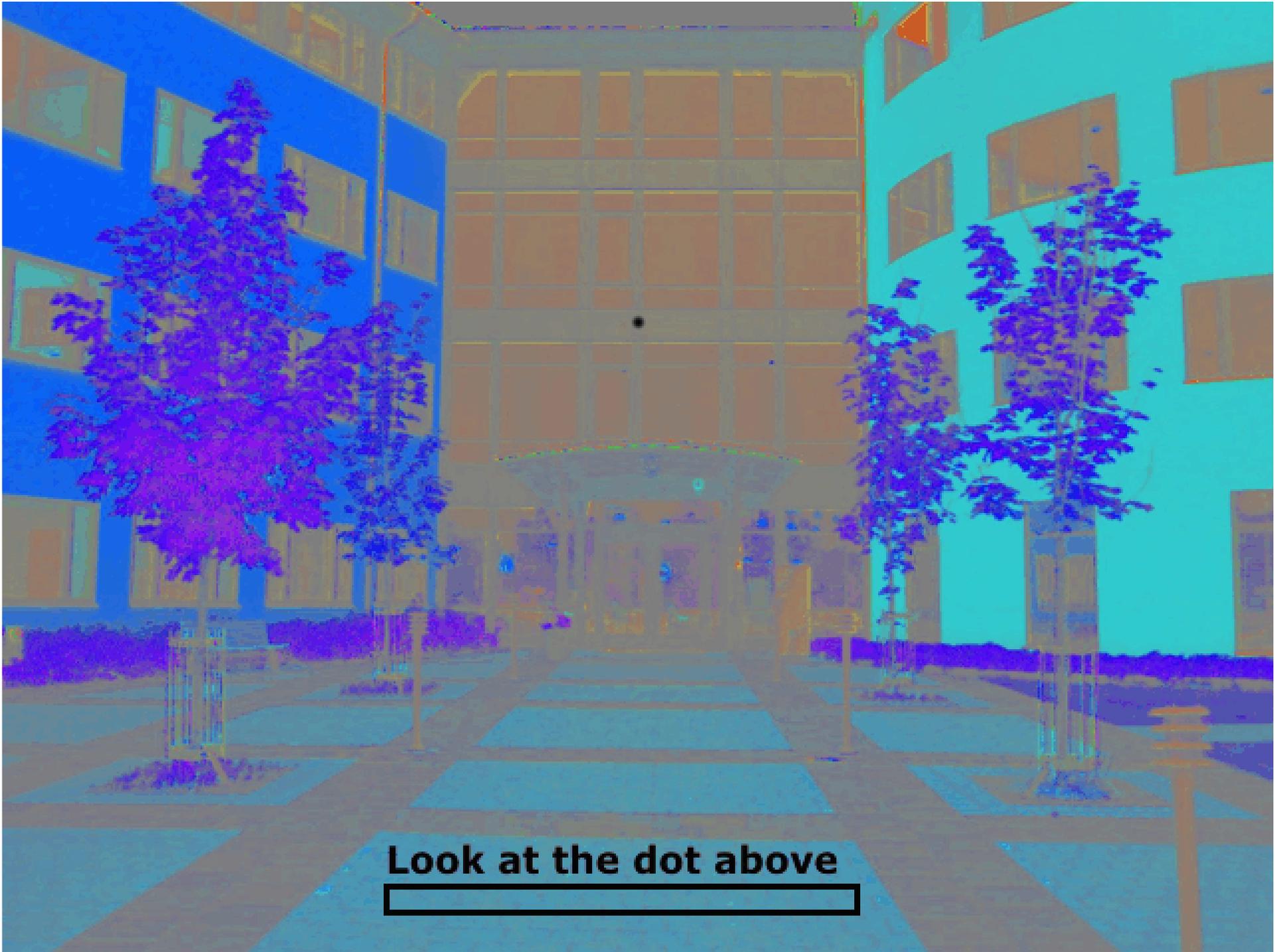
AFTER IMAGES



After Images

São outro exemplo de como o sinal resultante da luz tem **tratamento de cor e contraste diferentes**.

E esta divisão é responsável por **percepções independentes**.



Look at the dot above

Depois de olhar isso por 30

s



E olhar algo branco, você **só vê mesmo branco?**

Ou vê o abaixo. Há muitos outros exemplo em:
<http://www.animations.physics.unsw.edu.au/jw/light/complementary-colours.htm>



Relembrando: Como funciona a visão?

A luz **emitida** ou **refletida** chega em seus olhos, a **córnea** a **refrata**, ela penetra pela **pupila**, sendo **focada pelo cristalino** (lentes) na segunda parte do olho, e encontra a **retina**.

Onde células fotossensíveis **iniciam** sua transformação em **sinais elétricos** que a transformarão em visão.

Modelo Baseado em Medidas Físicas

Ou modelos colorimétricos. (cor + medida)

Estes consideram um observador padrão médio e medidas fotométricas obtidas de experimentos para a composição de cores, realizadas por órgãos como a *Comission Internationale de l'Eclairage - CIE*

Modelo Psico físico

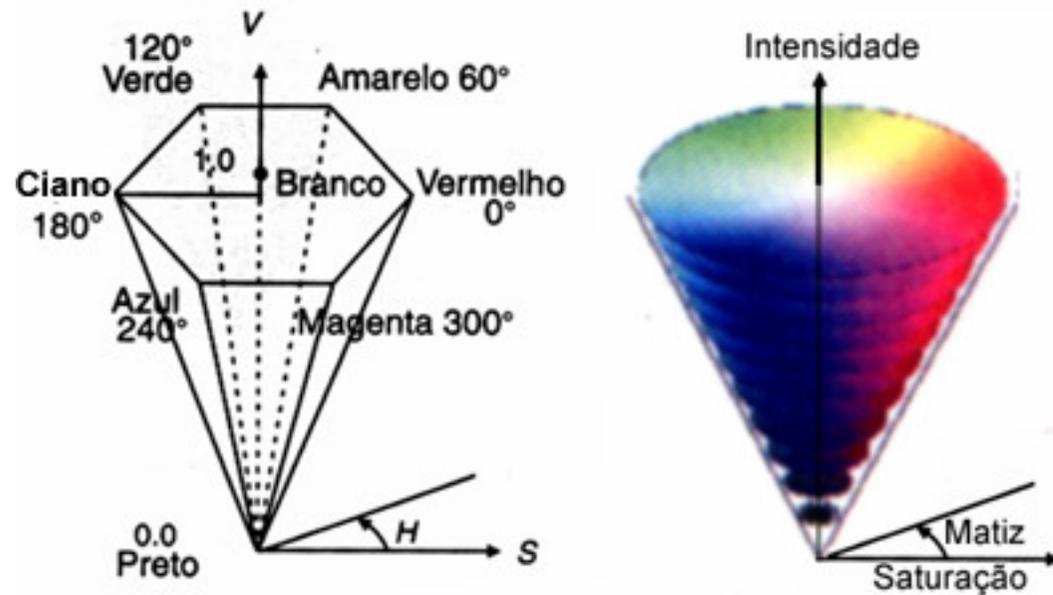
Estes tipos de espaços são baseados na percepção subjetiva da cor pelo ser humano, ou seja, como a cor e a iluminação são tratadas de formas distintas pelo sistema perceptivo, a componente de intensidade (ou brilho) nestes tipos de espaços fica desacoplada da informação cromática (matiz + saturação).

Uma das primeiras tentativas de organizar a percepção das cores em um espaço se atribui a **Munsell e Ostwald** (em 1915).

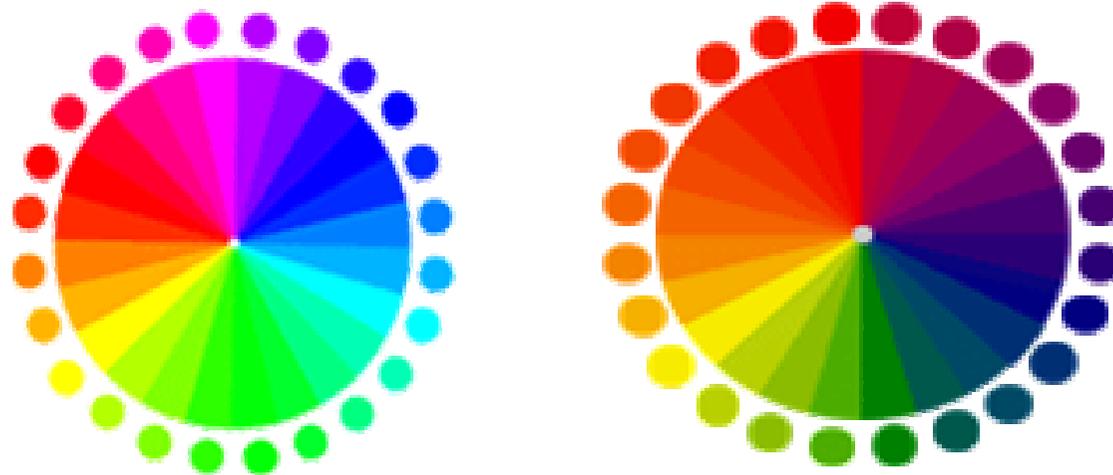
Outro exemplo é o espaço *HSV*, com as componentes Matiz (*Hue*), saturação (*Saturation*) e intensidade (*Value*).

O espaço *HSV* foi desenvolvido em 1978 por *Alvey Ray Smith*, baseando-se em como um artista plástico descreve as misturas de cores.

As cores principais (vermelho, amarelo, verde, ciano, azul e magenta) ocupam os vértices da base de uma pirâmide hexagonal invertida



Hue = matiz
(diferencia as cores tanto na forma
aditiva quando na subtrativa)
representação em espaços do tipo HVS,
HLS, Pantone, Munsell, etc...



Modelos mais próximos a dispositivos ou hardwares

3 luzes primárias (aditivos)

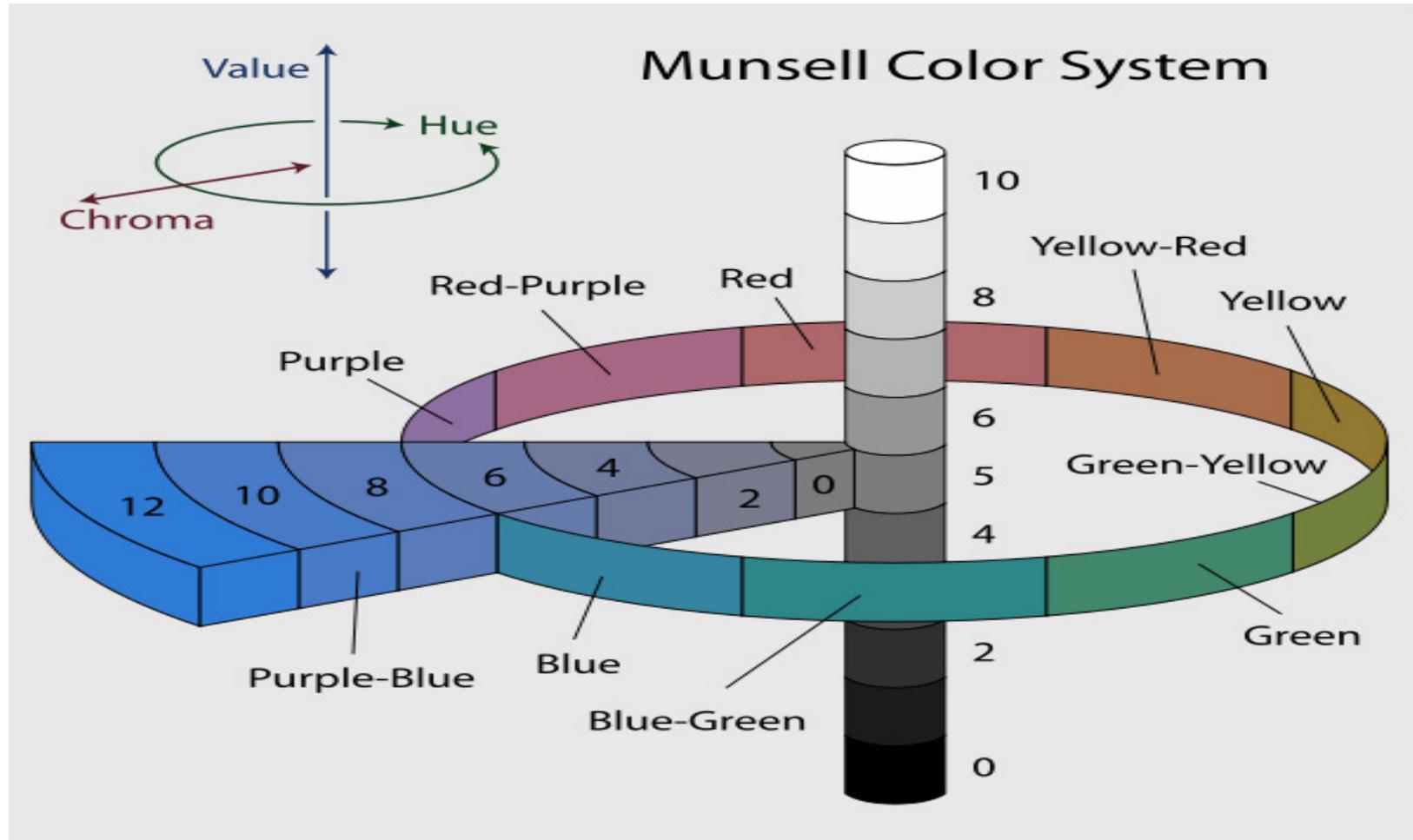
3 tintas primárias (subtrativos)

Exemplo

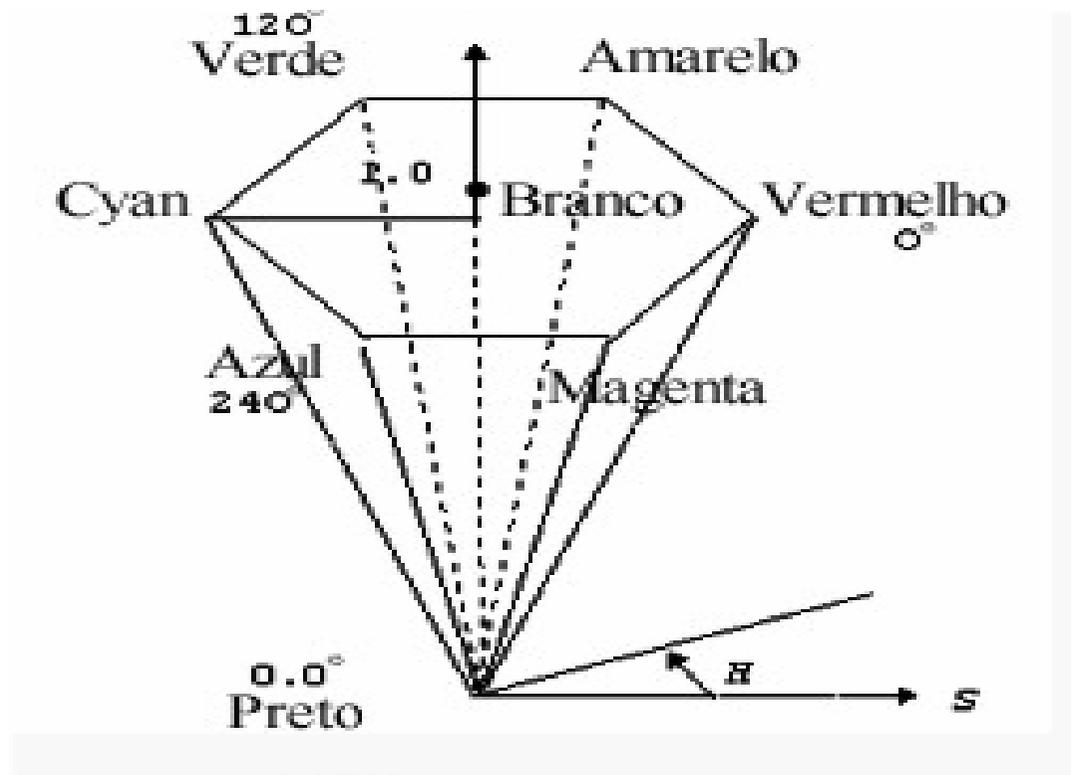
(cores análogas em 2 formas de representação)

COR	CIELAB	RGB
	$L^* = 53.233; a^* = 80.423; b^* = 66.966$	R = 255, G = 0, B = 0
	$L^* = 87.737; a^* = -85.885; b^* = 82.714$	R = 0; G = 255; B = 0
	$L^* = 32.303; a^* = 79.435; b^* = -108.797$	R = 0; G = 0; B = 255
	$L^* = 97.138; a^* = -21.169; b^* = 93.992$	R = 255, G = 255, B = 0
	$L^* = 60.320; a^* = 98.608; b^* = -61.782$	R = 255, G = 0, B = 255
	$L^* = 61.976; a^* = 56.208; b^* = 70.851$	R = 255, G = 100, B = 0
	$L^* = 42.375; a^* = 0.211; b^* = -0.497$	R = 100, G = 100, B = 100
	$L^* = 22.406; a^* = 49.623; b^* = -31.091$	R = 100, G = 0, B = 100
	$L^* = 20.949; a^* = -30.591; b^* = 28.301$	R = 0, G = 60, B = 0
	$L^* = 36.932; a^* = 65.416; b^* = -101.071$	R = 0, G = 50, B = 255

Alguns sistemas usam características **mais intuitivas** para descrever as cores

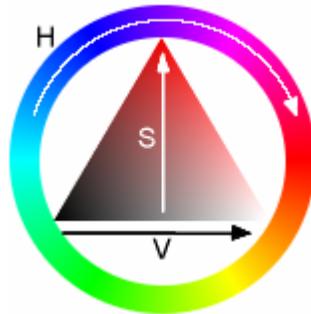


HSV



O algoritmo de RGB para HSV

- Para fazer a transformação os valores RGB devem ser normalizados, isto é, devem estar entre o valor mínimo **zero** e máximo de **um**



Algoritmo RGB - > HSV

- //Primeiro identifique os valores máximos e mínimos:
- $\max = \max(R,G,B)$, $\min = \min(R,G,B)$
- //depois os valores de saturação e brilho:
- $V = \max$, $S = (\max - \min) / \max$
- //ai passe a calcular as cores ou H:
- if $S = 0$ /* H passa a ser irrelevante, a cor no HSV será : (0,0,V)*/
- else
- $R1 = (R - \min) / (\max - \min)$
- $G1 = (G - \min) / (\max - \min)$
- $B1 = (B - \min) / (\max - \min)$
- if $R1 = \max$, $H = G1 - B1$
- else if $G1 = \max$, $H = 2 + B1 - R1$
- else if $B1 = \max$, $H = 4 + R1 - G1$
- //(converte-se H em graus)
- $H = H * 60$
- //usa-se H variando de 0 a 360° , S e V variando entre 0 e 1
- if $H < 0$, $H = H + 360$
- // a cor no HSV será : (H,S,V)*/

Ou para valores em graus e sendo MAX e MIN os valores máximo e mínimo, respectivamente, dos valores (R, G, B):

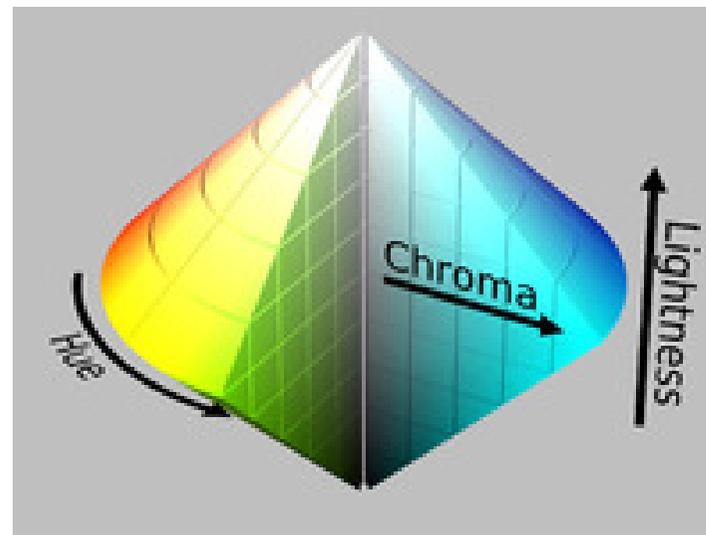
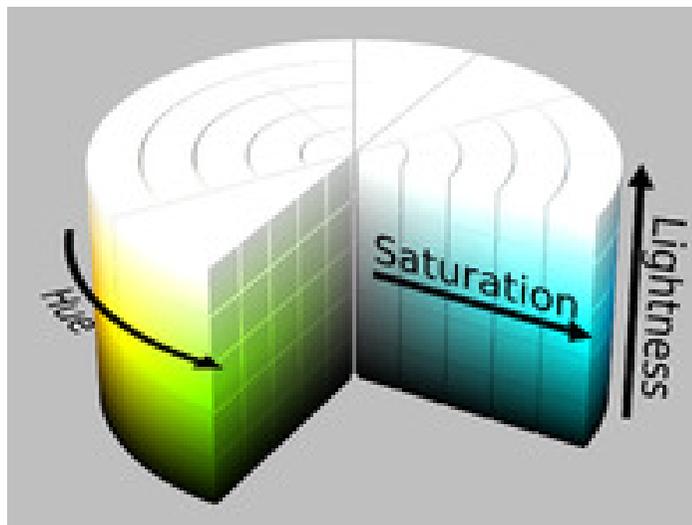
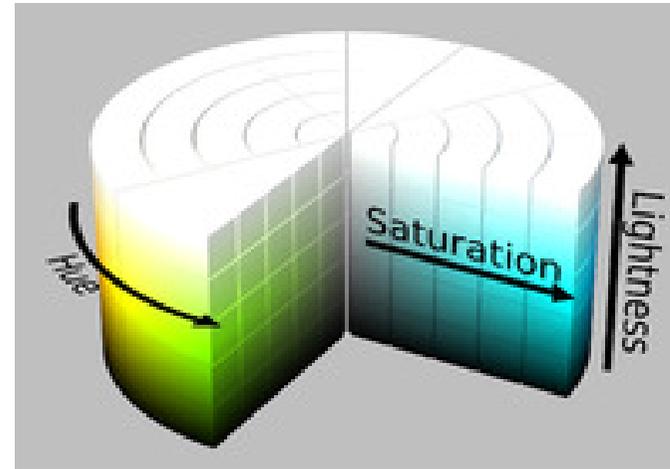
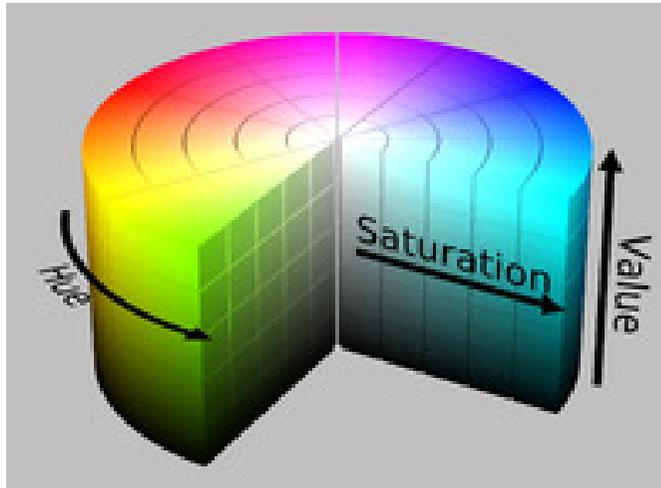
$$H = \begin{cases} 60 \times \frac{G - B}{MAX - MIN} + 0, & \text{se } MAX = R \text{ e } G \geq B \\ 60 \times \frac{G - B}{MAX - MIN} + 360, & \text{se } MAX = R \text{ e } G < B \\ 60 \times \frac{B - R}{MAX - MIN} + 120, & \text{se } MAX = G \\ 60 \times \frac{R - G}{MAX - MIN} + 240, & \text{se } MAX = B \end{cases}$$

HLS

- **HLS** é um sistema usado na área de agronomia e pedologia (*).
- Utiliza os conceitos de **matiz** (hue), **pureza de cor** (saturação) e **luminosidade** (L).
- O Sistema presta uma descrição muito precisa da cor, dando suporte à comunicação de cor.

(*)Pedologia, do grego *pedon* (solo, terra), é o estudo dos solos no seu ambiente natural.

Cuidados: parecem o mesmo mas não são !



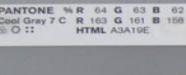
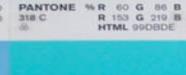
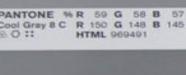
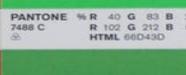
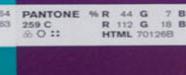
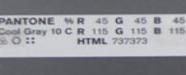
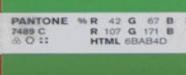
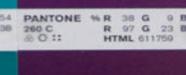
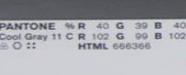
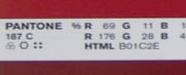
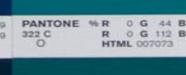
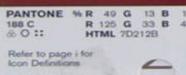
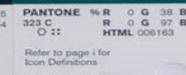
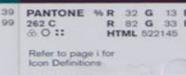
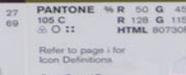
Sistema Pantone

- **O Pantone é uma empresa.**

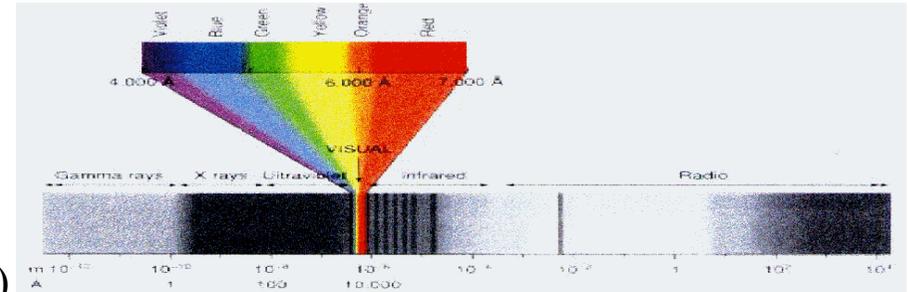
Fundada em 1962 em New Jersey, Estados Unidos, a Pantone Inc. é famosa pela (“*Pantone Matching System*” ou PMS), um sistema de cor utilizado em varias indústrias especialmente a indústria gráfica, além da indústria têxtil, de tintas e plásticos.

As cores Pantone são descritas pelo seu número.

Exemplo:

PANTONE*	PANTONE*	PANTONE*	PANTONE*	PANTONE*	PANTONE*	PANTONE*	PANTONE*
 PANTONE 71 G 69 B 68 Cool Gray 8 C R 181 G 178 B 173 ⊗ O :: HTML B5B0AD	 PANTONE 99 G 72 B 77 182 C R 252 G 184 B 196 ⊗ O :: HTML FC88C4	 PANTONE 89 G 90 B 82 7485 C R 227 G 230 B 209 ⊗ O :: HTML E3E8D1	 PANTONE 78 G 85 B 90 290 C R 199 G 217 B 230 ⊗ O :: HTML C7D9E6	 PANTONE 78 G 90 B 89 317 C R 199 G 230 B 227 ⊗ O :: HTML C7E8E3	 PANTONE 87 G 75 B 85 356 C R 222 G 191 B 217 ⊗ O :: HTML DEBFD9	 PANTONE 95 G 93 B 81 100 C R 242 G 237 B 130 ⊗ O :: HTML F2ED82	 PANTONE 95 G 81 B 69 719 C R 242 G 207 B 176 ⊗ O :: HTML F2CF80
 PANTONE 64 G 63 B 62 Cool Gray 7 C R 163 G 161 B 158 ⊗ O :: HTML A3A19E	 PANTONE 99 G 55 B 63 183 C R 252 G 140 B 161 ⊗ O :: HTML FC3CA1	 PANTONE 77 G 89 B 83 7486 C R 196 G 227 B 181 ⊗ O :: HTML C4E3A1	 PANTONE 68 G 81 B 90 281 C R 173 G 207 B 230 ⊗ O :: HTML ADCFE6	 PANTONE 60 G 86 B 87 318 C R 153 G 219 B 222 ⊗ O :: HTML 990BDE	 PANTONE 82 G 84 B 80 357 C R 209 G 163 B 204 ⊗ O :: HTML D1A3CC	 PANTONE 96 G 93 B 35 101 C R 245 G 237 B 89 ⊗ O :: HTML F5ED59	 PANTONE 94 G 77 B 82 729 C R 240 G 196 B 198 ⊗ O :: HTML F0C49E
 PANTONE 59 G 58 B 57 Cool Gray 8 C R 150 G 148 B 145 ⊗ O :: HTML 969491	 PANTONE 97 G 36 B 46 184 C R 247 G 92 B 117 ⊗ O :: HTML F75C76	 PANTONE 58 G 87 B 43 7487 C R 148 G 222 B 110 ⊗ O :: HTML 94DE6E	 PANTONE 47 G 70 B 88 292 C R 120 G 179 B 224 ⊗ O :: HTML 783E6D	 PANTONE 29 G 80 B 83 319 C R 74 G 204 B 212 ⊗ O :: HTML A4CCD4	 PANTONE 50 G 27 B 58 258 C R 150 G 89 B 148 ⊗ O :: HTML 964594	 PANTONE 96 G 01 B 8 102 C R 245 G 237 B 20 ⊗ O :: HTML F5EB14	 PANTONE 90 G 59 B 50 722 C R 230 G 176 B 128 ⊗ O :: HTML E6B880
 PANTONE 53 G 53 B 52 Cool Gray 9 C R 135 G 135 B 133 ⊗ O :: HTML 878785	 PANTONE 90 G 5 B 18 185 C R 230 G 13 B 46 ⊗ O :: HTML E60D2E	 PANTONE 40 G 83 B 24 7488 C R 102 G 212 B 61 ⊗ O :: HTML 66D43D	 PANTONE 0 G 28 B 73 293 C R 0 G 71 B 186 ⊗ O :: HTML 0047BA	 PANTONE 0 G 61 B 64 320 C R 0 G 156 B 163 ⊗ O :: HTML 009CA3	 PANTONE 44 G 7 B 42 259 C R 112 G 18 B 107 ⊗ O :: HTML 701268	 PANTONE 97 G 88 B 9 Yellow C R 247 G 224 B 23 ⊗ O :: HTML F7E017	 PANTONE 84 G 56 B 33 723 C R 214 G 143 B 84 ⊗ O :: HTML D69F54
 PANTONE 45 G 45 B 45 Cool Gray 10 C R 115 G 115 B 115 ⊗ O :: HTML 737373	 PANTONE 81 G 5 B 17 186 C R 207 G 20 B 43 ⊗ O :: HTML CF142B	 PANTONE 42 G 87 B 30 7489 C R 107 G 171 B 77 ⊗ O :: HTML 6BAB4D	 PANTONE 0 G 22 B 51 294 C R 0 G 56 B 130 ⊗ O :: HTML 003882	 PANTONE 0 G 52 B 54 321 C R 0 G 133 B 138 ⊗ O :: HTML 00858A	 PANTONE 38 G 9 B 35 260 C R 97 G 23 B 89 ⊗ O :: HTML 611759	 PANTONE 77 G 68 B 15 103 C R 196 G 173 B 15 ⊗ O :: HTML CAAD0F	 PANTONE 75 G 45 B 16 724 C R 191 G 115 B 41 ⊗ O :: HTML 0F7329
 PANTONE 40 G 39 B 40 Cool Gray 11 C R 102 G 99 B 102 ⊗ O :: HTML 666366	 PANTONE 69 G 11 B 18 187 C R 176 G 28 B 46 ⊗ O :: HTML B01C2E	 PANTONE 38 G 57 B 24 7490 C R 97 G 145 B 61 ⊗ O :: HTML 61913D	 PANTONE 0 G 18 B 39 295 C R 0 G 46 B 99 ⊗ O :: HTML 002E63	 PANTONE 0 G 44 B 45 322 C R 0 G 112 B 115 ⊗ O :: HTML 007073	 PANTONE 36 G 11 B 31 261 C R 92 G 28 B 79 ⊗ O :: HTML 5C1C4F	 PANTONE 66 G 59 B 4 104 C R 168 G 150 B 10 ⊗ O :: HTML A8960A	 PANTONE 58 G 30 B 1 725 C R 148 G 77 B 3 ⊗ O :: HTML 944D03
 PANTONE 49 G 13 B 17 188 C R 125 G 33 B 43 ⊗ O :: HTML 70212B	 PANTONE 43 G 51 B 20 7491 C R 110 G 130 B 51 ⊗ O :: HTML 6E8233	 PANTONE 0 G 16 B 25 296 C R 0 G 41 B 64 ⊗ O :: HTML 00294D	 PANTONE 0 G 38 B 39 323 C R 0 G 97 B 99 ⊗ O :: HTML 009163	 PANTONE 32 G 13 B 27 262 C R 82 G 33 B 69 ⊗ O :: HTML 522146	 PANTONE 50 G 45 B 6 105 C R 128 G 115 B 15 ⊗ O :: HTML 80730F	 PANTONE 50 G 24 B 1 726 C R 128 G 61 B 3 ⊗ O :: HTML 803D03	
Refer to page 1 for Icon Definitions C = Coated Paper 52.4 C	Refer to page 1 for Icon Definitions C = Coated Paper 14 C	Refer to page 1 for Icon Definitions C = Coated Paper 10.4 C	Refer to page 1 for Icon Definitions C = Coated Paper 30 C	Refer to page 1 for Icon Definitions C = Coated Paper 34 C	Refer to page 1 for Icon Definitions C = Coated Paper 25 C	Refer to page 1 for Icon Definitions C = Coated Paper 2 C	Refer to page 1 for Icon Definitions C = Coated Paper 90 C

Iluminação



Fontes (aditivas) : - naturais (sol, fogo, estrelas)

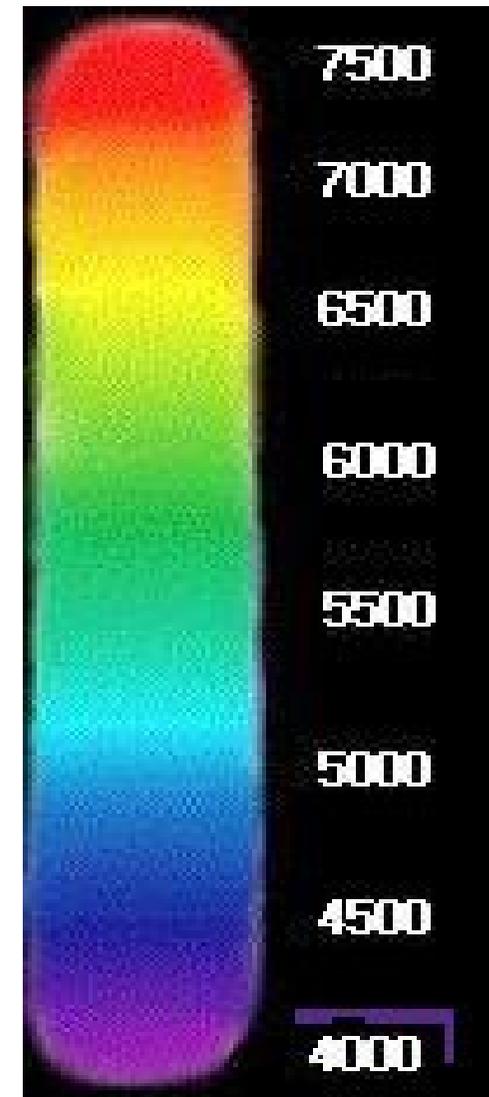
- artificiais (vídeo, TV, lâmpadas).

Classificação Geral	Tipos Especiais	Modelos
Incandescentes	Refletoras	Vidro prensado
		Vidro soprado
Com refletor na parte esférica		
	Halógenas	-
Descarga	Baixa pressão (fluorescentes)	Com starter
		Sem starter
	De alta pressão	Vapor de Mercúrio
		Vapor metálico
		Luz mista
	Vapor de sódio	

Classificação das lâmpadas

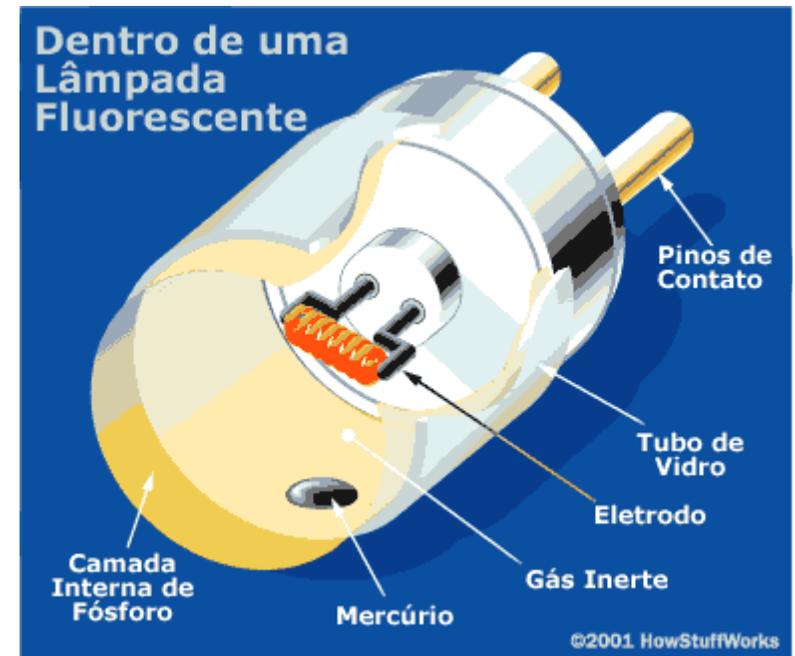
O espectro da luz do Sol, dita "branca", é um contínuo com todas as cores visíveis.

Hoje sabemos que essas componentes têm comprimentos de onda que vão desde: 4000 Ångstroms (violeta) até 7500 Ångstroms (vermelho).



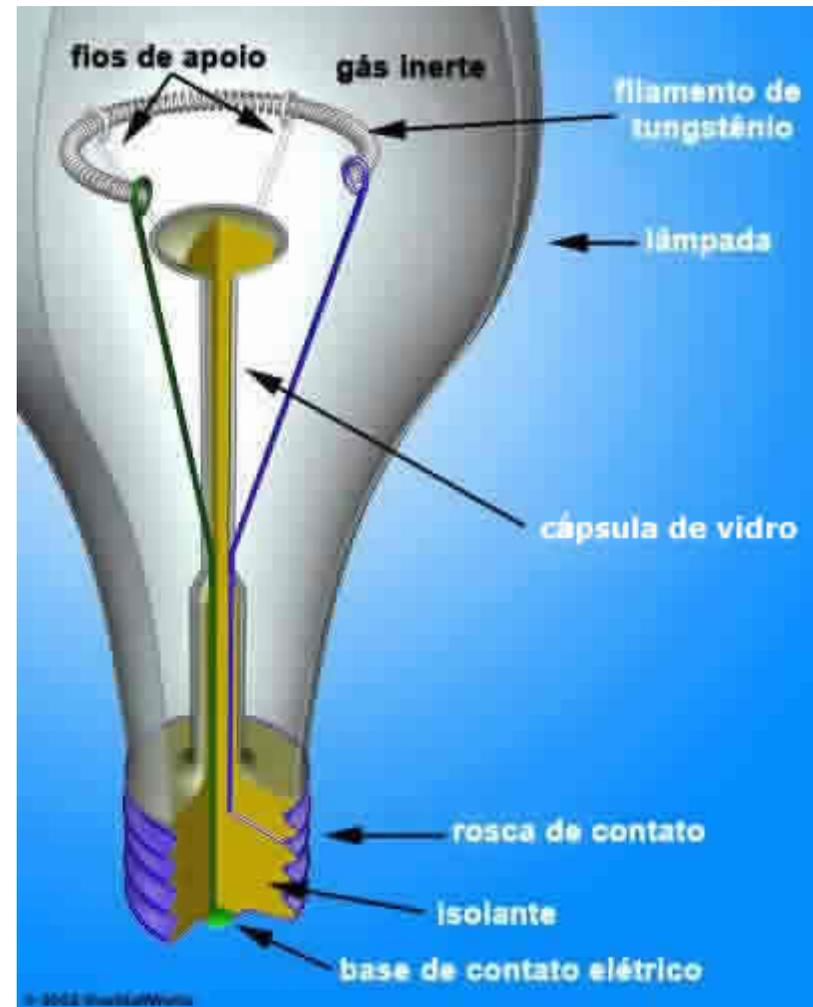
Lâmpadas

- As lâmpadas fluorescentes geram luz pela passagem da eletricidade através de um tubo cheio de gás inerte e uma pequena quantidade de **mercúrio**.
- Quando *energizado* o **mercúrio emitem luz visível e UV** que são completamente invisíveis. Mas o **revestimento de fósforo do tubo converte** a energia UV em luz visível.
- Os fosforos são substâncias que emitem luz ou **florescem** quando expostos à energia elétrica.
- Na lâmpada fluorescente, **a luz emitida está toda no espectro visível - o fósforo emite a luz branca que podemos ver.** Os fabricantes podem variar a cor da luz usando combinações de fosforos diferentes.

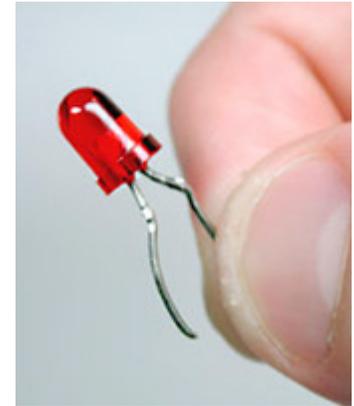


Lâmpadas incandescentes

- Lâmpadas incandescentes liberam a maior parte de sua energia no infravermelho (carregados de calor).
- Apenas cerca de 10% da luz produzida alcança o espectro visível.
- Isso desperdiça muita eletricidade.



Diodos emissores de luz ou LEDs



- Basicamente, os LEDs são lâmpadas pequenas que se ajustam facilmente em um circuito elétrico.
- Mas diferentes de lâmpadas incandescentes comuns eles não têm filamentos que se queimam e não ficam muito quentes.
- Além disso eles são iluminados somente pelo movimento de elétrons em um semicondutores e duram tanto quanto um transistor padrão.

Luz negra

Há dois tipos diferentes de luz negra, mas ambas funcionam basicamente do mesmo modo, parecido /. O filtro negro bloqueia parte da luz visível.

Uma luz negra tubular é uma lâmpada fluorescente com um tipo diferente de revestimento de fósforo. Esse revestimento absorve as ondas curtas UV-B e UV-C nocivas e emite UV-A, do mesmo modo que o fósforo em uma lâmpada fluorescente absorve a luz UV e emite luz visível. O próprio tubo de vidro "negro" bloqueia a maior parte de luz visível, de modo que somente a luz UV-A e alguma luz visível azul e violeta passam por ele.

Uma lâmpada de luz negra incandescente é similar a uma incandescente normal, **mas usa filtros de luz negra para absorver a luz do filamento aquecido.**

Eles absorvem tudo exceto a luz infravermelha e UV-A, além de um pouco da luz visível.



Porque do brilho dos brancos, dentes e outras coisas

- a luz UV emitida pela LUZ NEGRA reage com vários **fosforos externos** exatamente do mesmo modo que a luz UV dentro de uma lâmpada fluorescente reage com o revestimento de fósforo.
- Os fosforos externos brilham enquanto a luz UV está brilhando sobre eles.
- Há uma grande quantidade de fosforos naturais nos dentes e unhas. Há também muitos fósforo em algumas tintas, tecidos e plásticos.
- Algumas peças de suas roupas brancas brilham. Isso acontece por que a maioria dos sabões em pó contém fósforo para fazer o branco parecer mais branco à luz do sol. A luz do sol contém luz UV que faz o branco brilhar "mais claro do que o branco".
- As roupas escuras não brilham porque os pigmentos escuros absorvem a luz UV.

Fontes de Iluminação

A iluminação e as cores

As características da cor de uma lâmpada são definidas por:

- sua aparência de cor (atributo da temperatura de cor);
- sua capacidade de reprodução de cor (atributo que afeta a aparência de cor dos objetos iluminados).

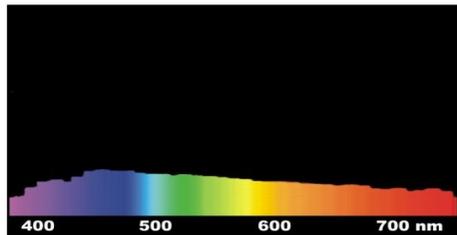
Associação entre temperatura e aparência de cor de uma lâmpada

Temperatura de cor (K)	Aparência de cor
$T > 5000$	Fria (branca- azulada)
$3300 < T < 5000$	Intermediária (branca)
$T < 3300$	Quente (branca – avermelhada)

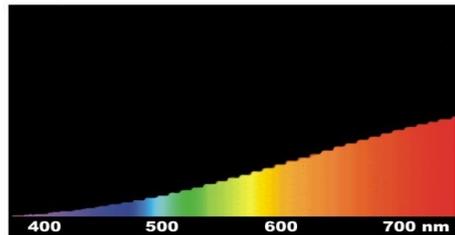
Fontes de Iluminação

Gráficos intensidade x comprimento de onda de diversas luzes

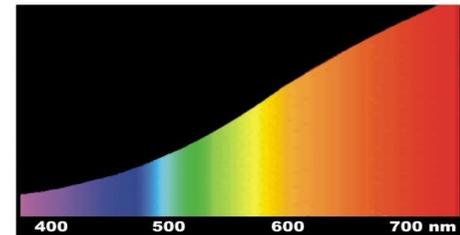
IRC=Índice de Reprodução de Cores



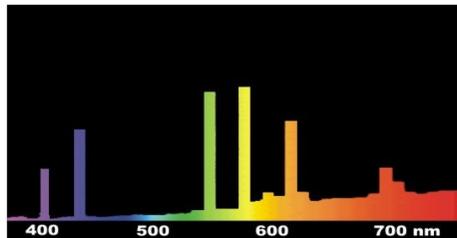
Radiação Solar



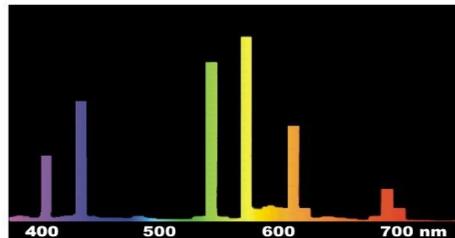
Lâmpada Incandescente



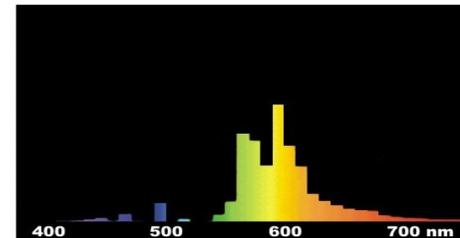
Lâmpada Halógena



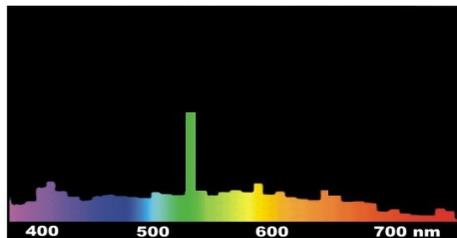
HWL Luz Mista



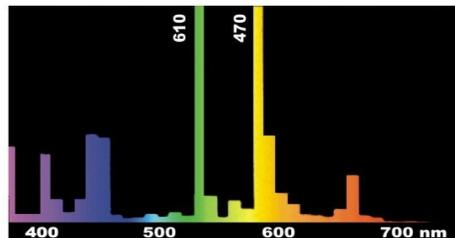
HQL Vapor de Mercúrio



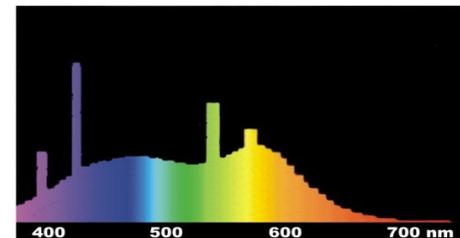
NAV Vapor de Sódio



HQL.../D Multivapores Metálicos



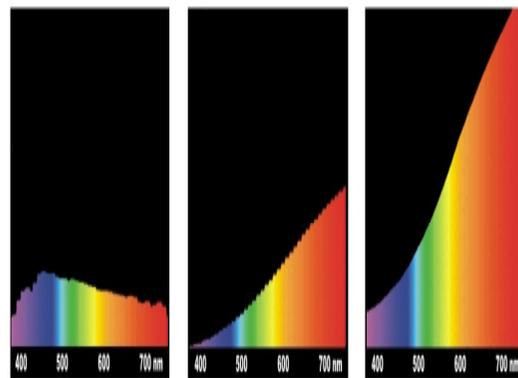
HQL.../N Multivapores Metálicos



Fluorescente Luz do Dia Especial

Exemplo de luz branca:

- Luz do dia: emissão em todas as frequências

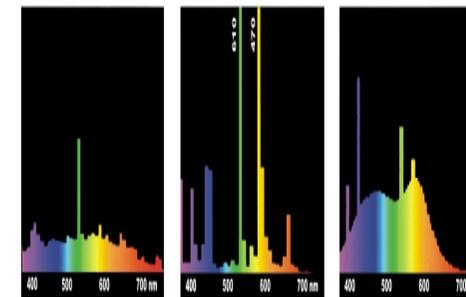


Radiação Solar

Lâmpada Incandescente

Lâmpada Halógena

Em oposição a emissão em
uma frequência predominante



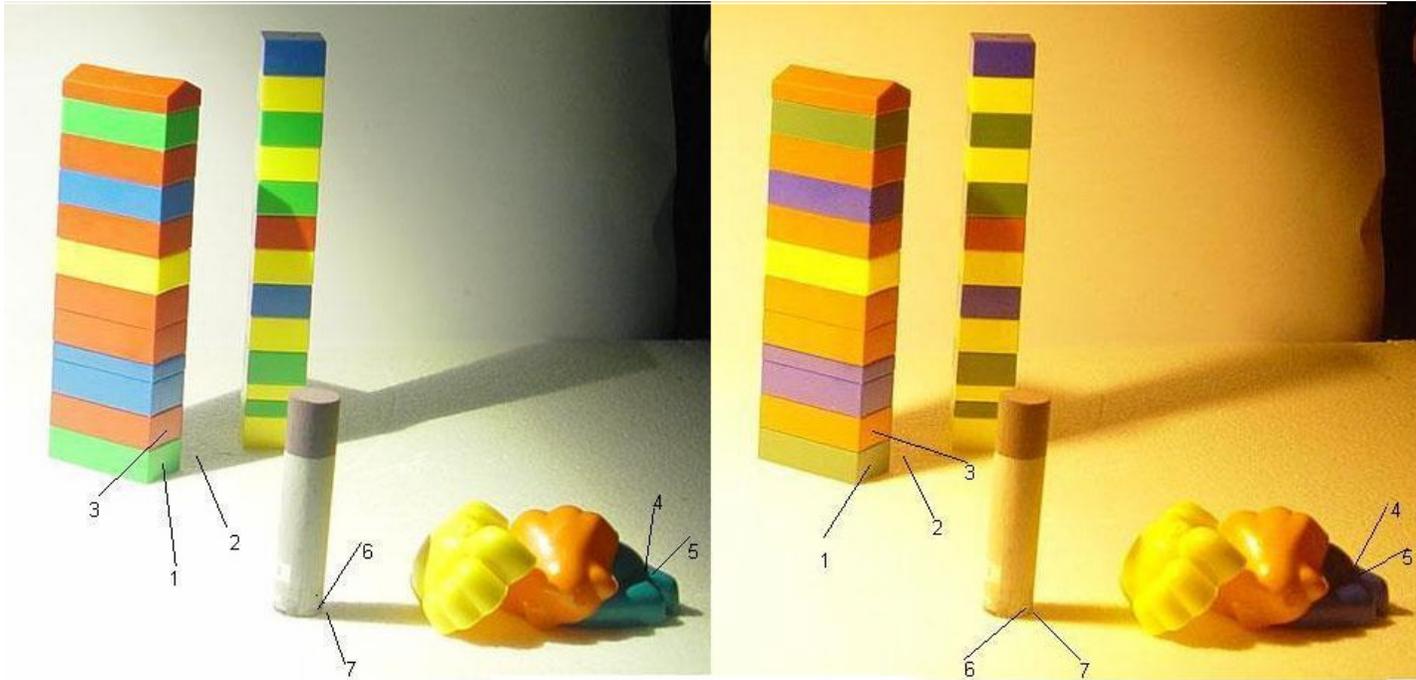
HQI...D Multivapores Metálicos

HQI...N Multivapores Metálicos

Fluorescente Luz do Dia Especial

Fontes de Iluminação

Diferença da reprodução de cor em função do iluminante



Objetos iluminados com **MVM** (multi vapor metálico) de **IRC=75**
e **VS** (Vapor de Sódio) **IRC=22**.

Repare especialmente nas cores com mesmo número em ambas as
fotos.



(a) Imagem Colorida



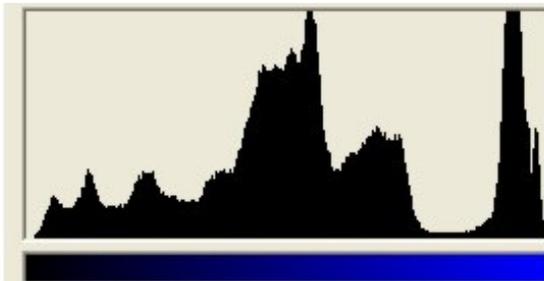
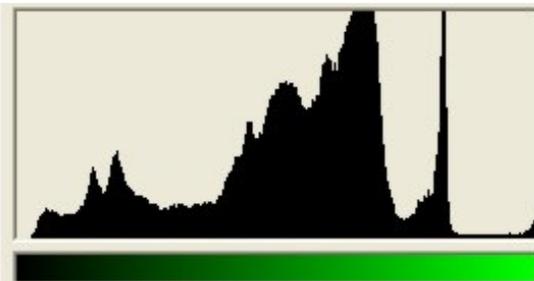
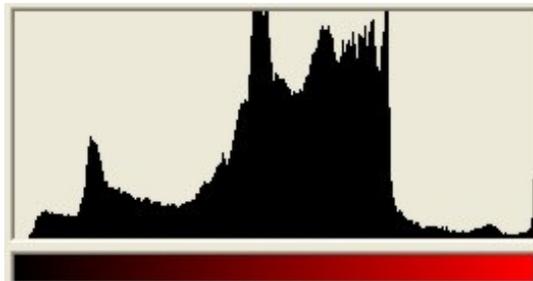
(b) Banda Vermelha (Red)



(c) Banda Verde (Green)



(d) Banda Azul (Blue)



Histograma de imagem digital

O histograma de uma imagem indica o percentual de *pixels* que a imagem tem de determinado nível de cinza ou cor.

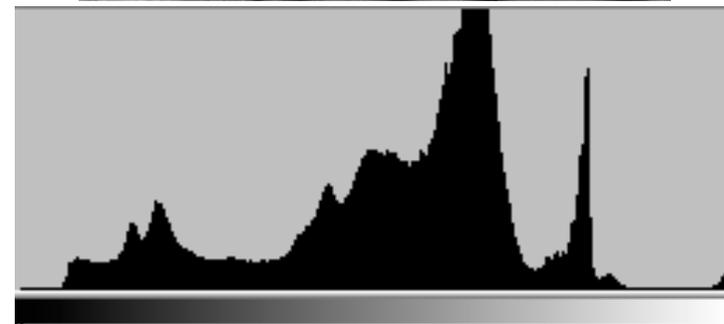
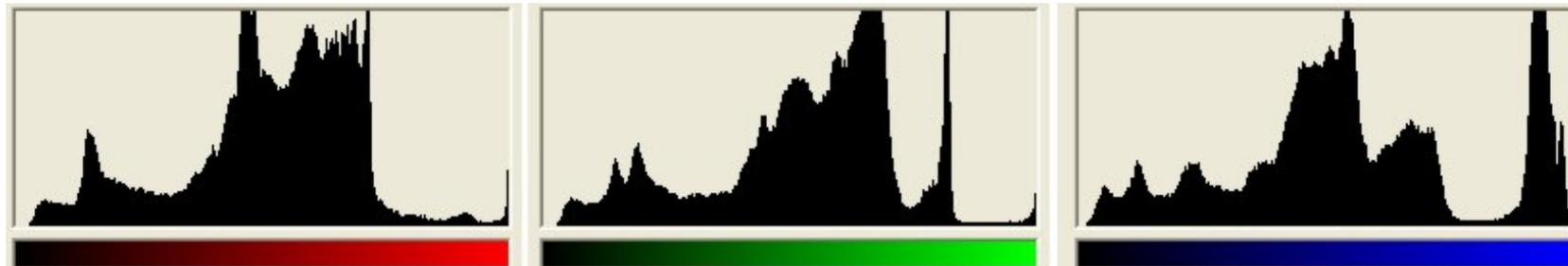
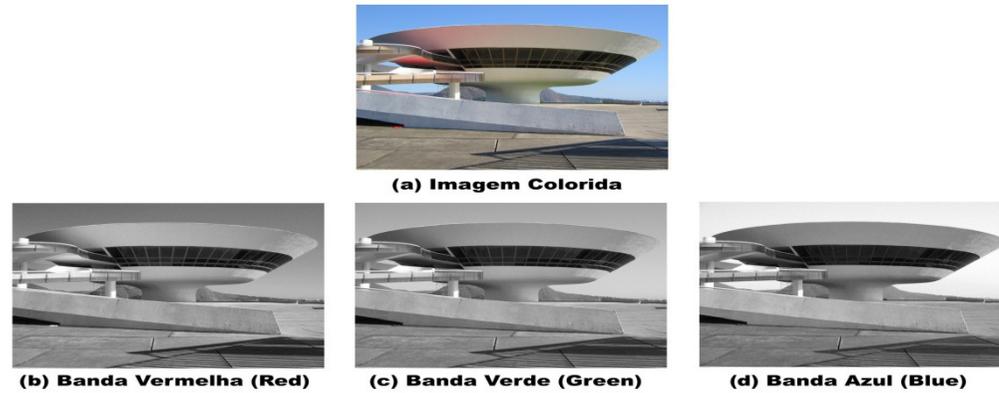
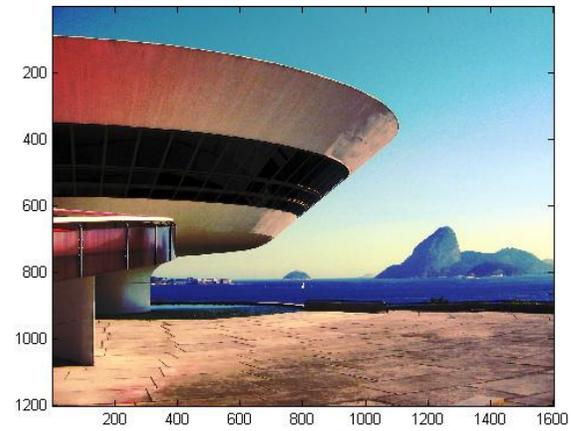
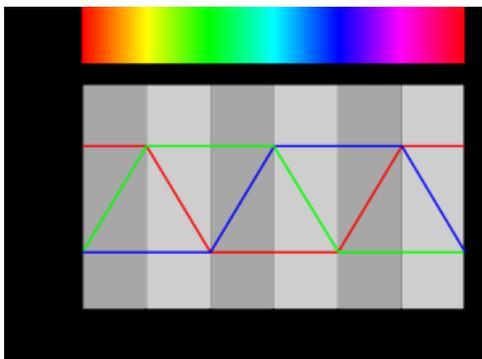
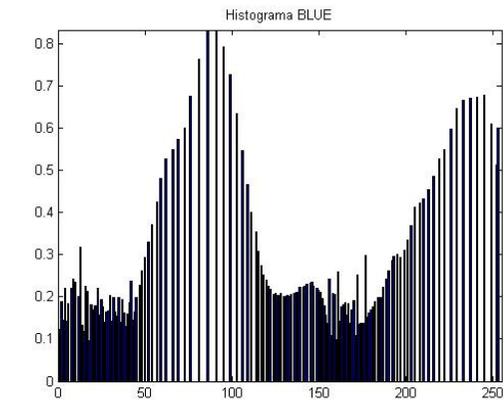
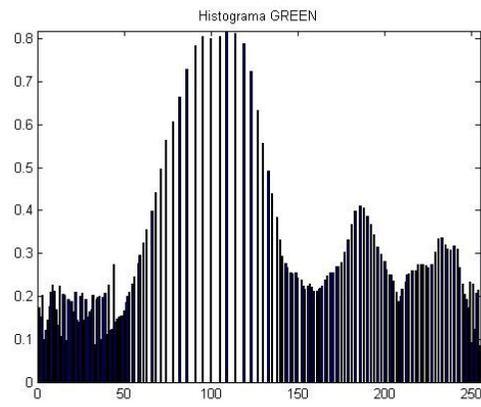
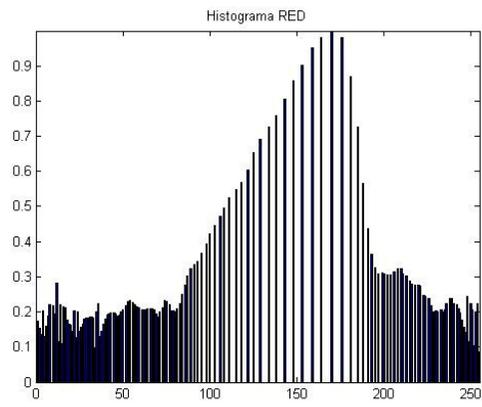


Imagem em tons de cinza e o seu histograma.

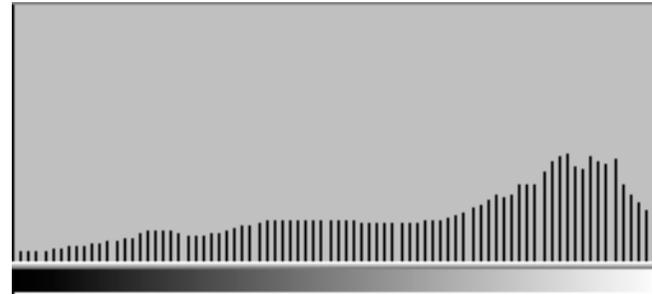
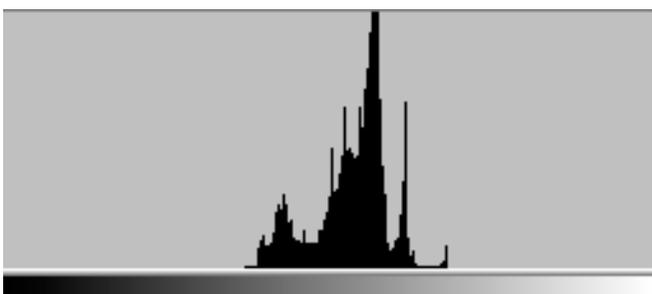
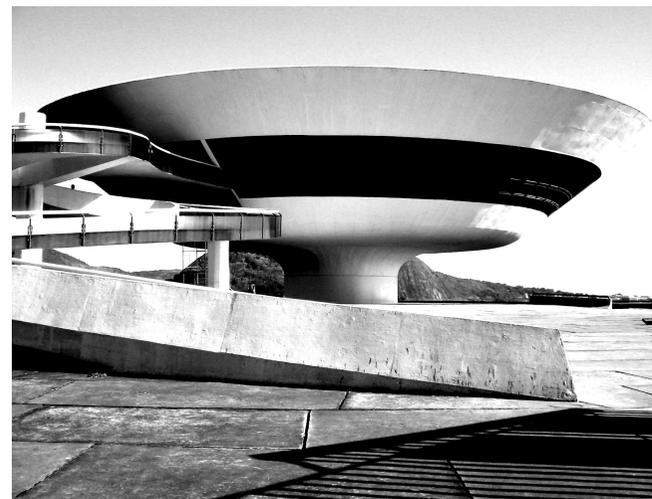
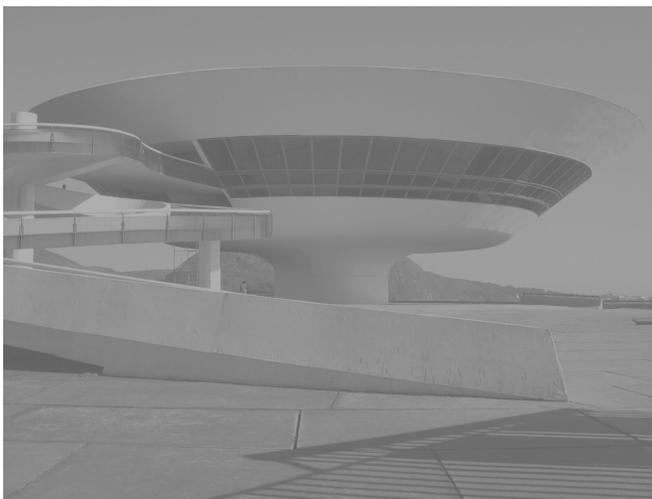
Histogramas das bandas de uma imagem colorida



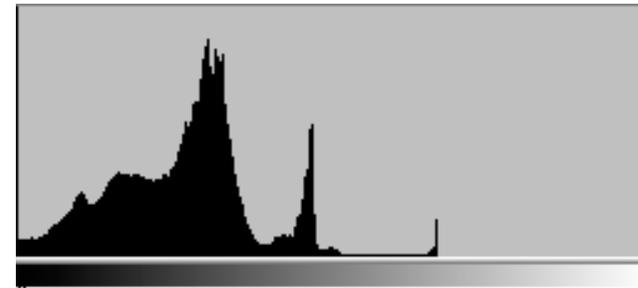
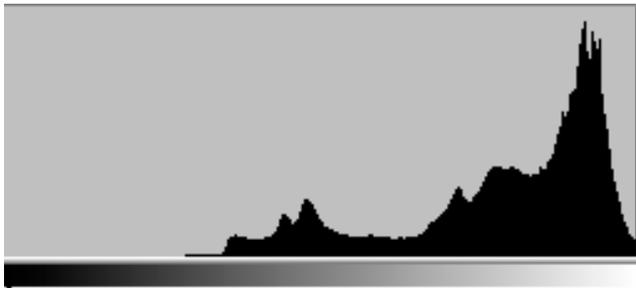
Histogramas separado por canal R,G B.



O histograma fornece uma indicação da qualidade da imagem quanto ao contraste e intensidade luminosa.

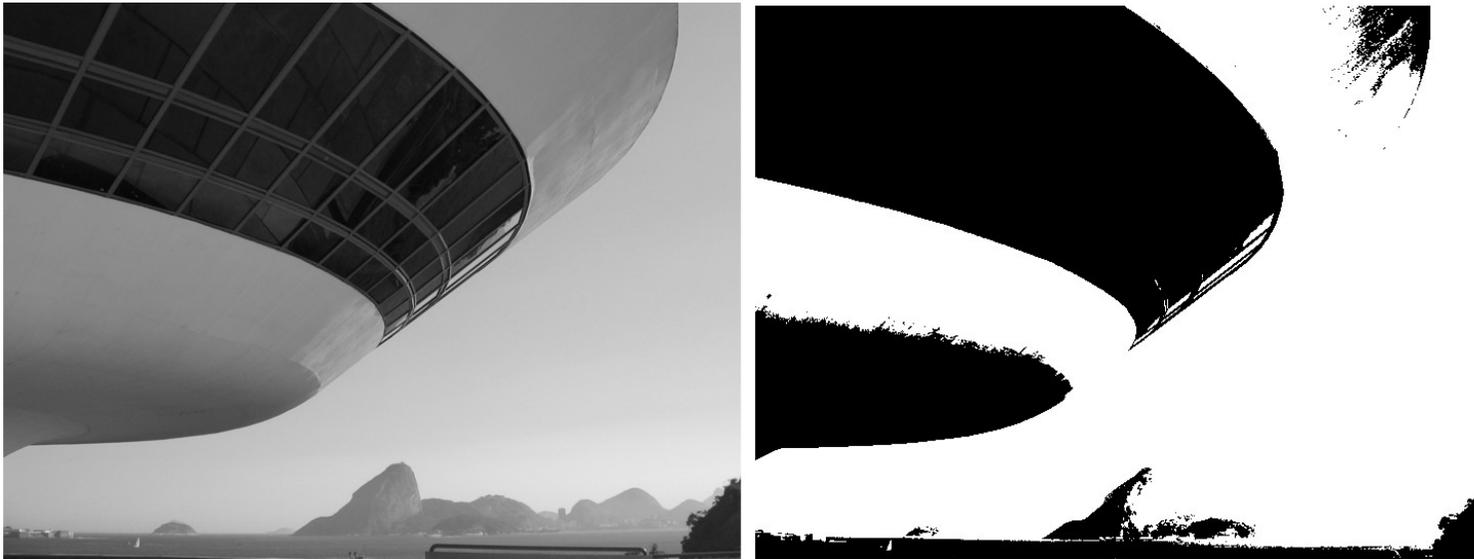


Imagens em tons de cinza e seus respectivos histogramas: com pouco (direita) e muito contraste (esquerda).



Imagens em tons de cinza e seus respectivos histogramas: com alta luminosidade (clara) e com baixa luminosidade (escura).

Binarização: Agrupamento por limiar



Exemplo de binarização: Imagem em tons de cinza x Imagem binária

Histograma de Imagens Coloridas

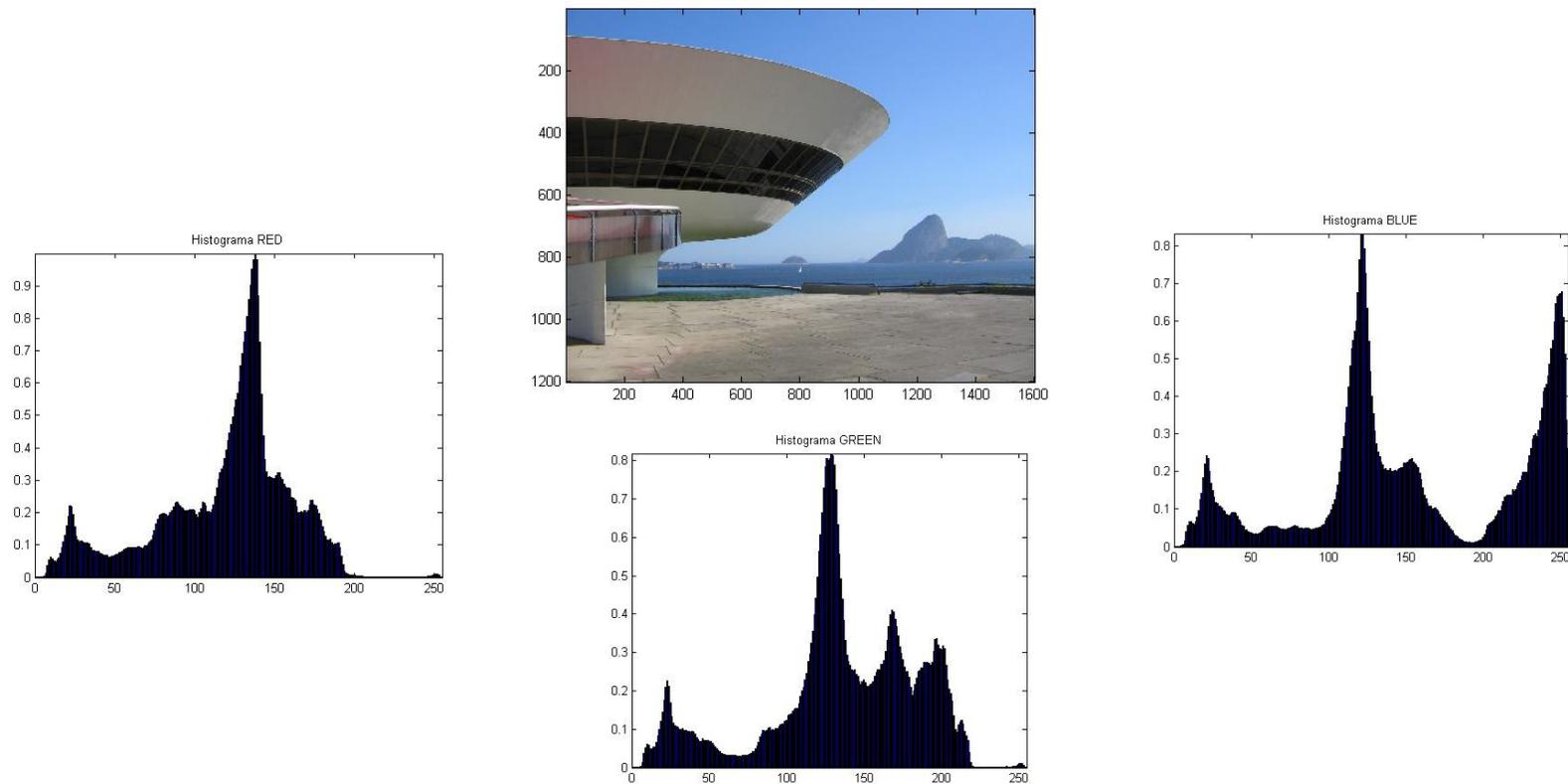


Imagem original e seus histogramas normalizados

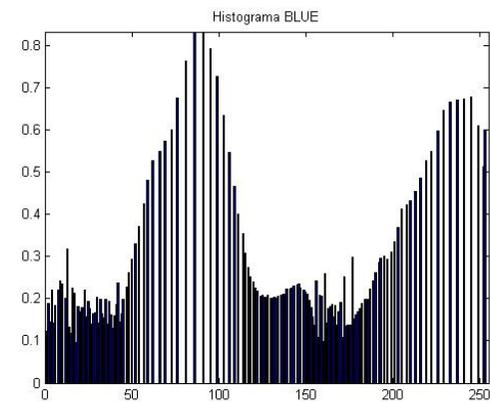
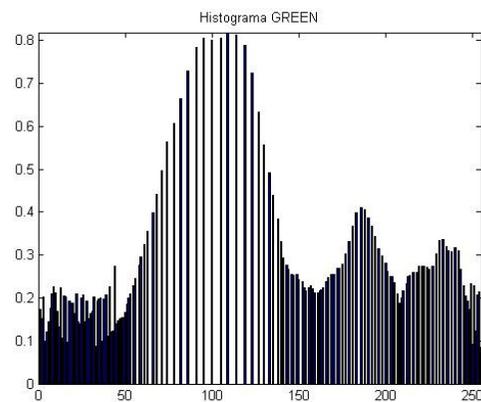
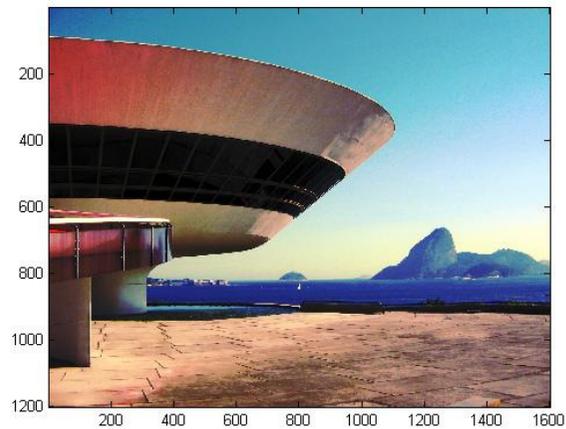
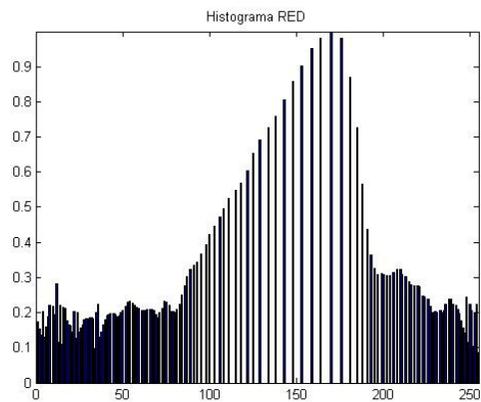


Imagem modificada por equalização e seus histogramas equalizados normalizados .

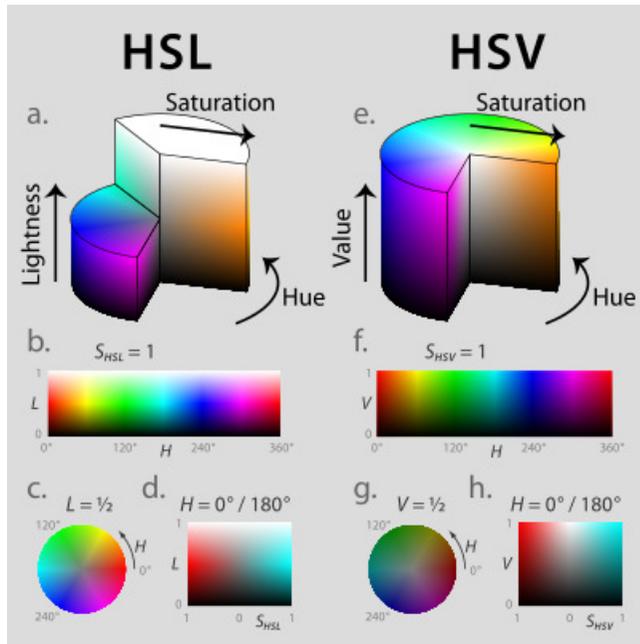
Representação da cor

- **Objetos Refletivos** - não emitem energia luminosa, utilizam de luz proveniente de uma outra fonte e a REFLETEM produzindo a informação de cor (modelo de cor subtrativo) .
- **Emissivos** - são fontes de energia radiante que produzem diretamente a informação de cor (modelo de cor aditivo) .

Cores analogas

RGB	YCbCr	Cor
122 139 139	132 130 121	
52 245 255	209 142 87	
71 60 139	74 161 130	
255 0 255	78 214 229	
218 112 214	137 162 170	
255 140 0	148 55 184	

Formas cilíndricas e cônicas



Há muitos outros sistemas

CIE: XYZ · L*a*b* · L*u*v* ·

Yuv · U*V*W* YUV

YDbDr (SECAM) · YIQ (NTSC) · YCbCr ·

YPbPr · xvYCC

LMS · HSL, HSV · CMYK · CcMmYK ·

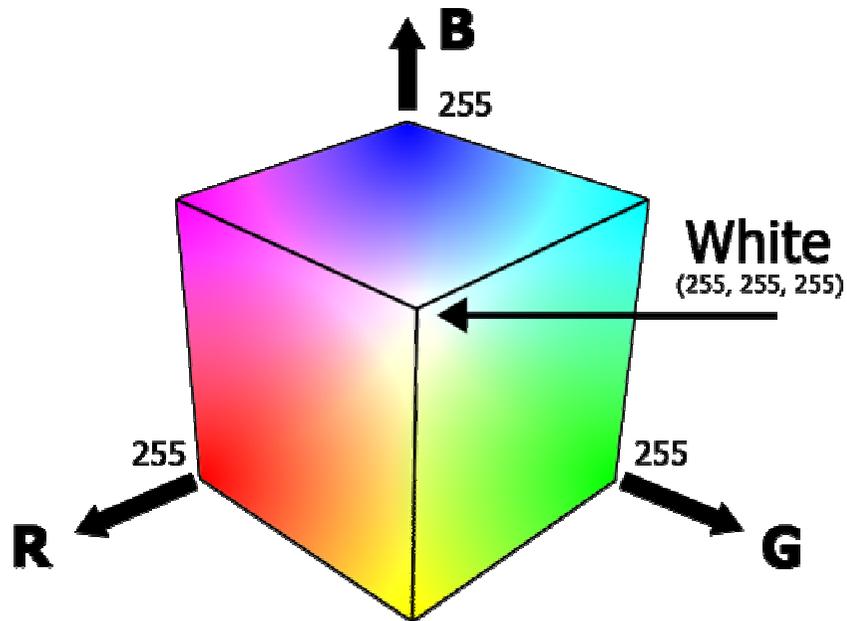
Hexachrome · RYB · Munsell ·

Pantone · RAL

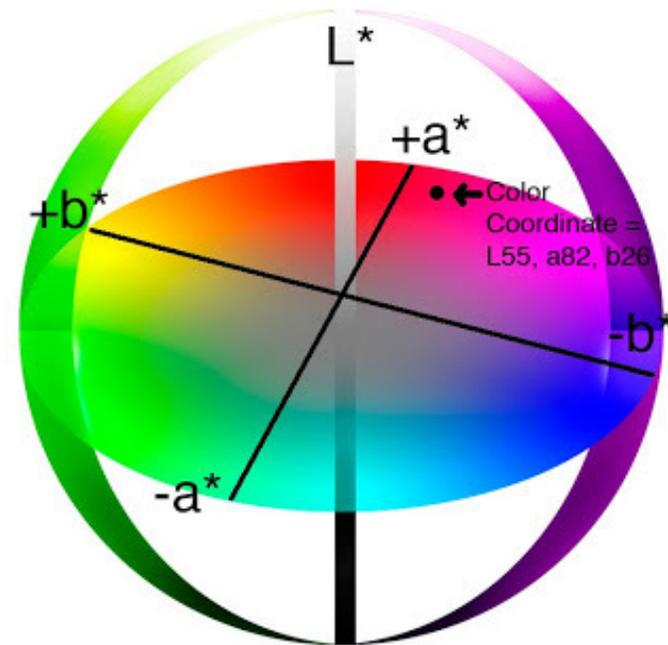
OSA-UCS · RG ·

Ostwald · DIN · PCCS · ABC · DCA

VISUALIZAÇÃO GEOMÉTRICA



RGB: visualização pelo formato de um cubo, onde não existem posições negativas, e estas variam de 0 até 255 para cada cor primária (R, G ou B).



CIELAB: visualização pelo formato de uma esfera, existem valores negativos de cor que variam do -120 até 120, sua luminosidade varia de 0 até 100.

HISTÓRICO

- **Modelo CIE/xyY (1931)** - modelo colorimétrico xyY, que representa as cores de acordo com a sua cromaticidade (eixos x e y) e a sua luminância (eixo y)
- **Modelo CIE/Luv (1960)** – é um modelo que traça no diagrama cromático um polígono que tem todas as cores capazes de reprodução, todavia , este modelo de representação não leva em conta fatores físicos de percepção da cor pelo olho humano.
- **Modelo CIE/Lab (1976)** - finalmente, o modelo colorimétrico $L^*a^*b^*$ (também conhecido sob o nome de CIELAB), supre essa deficiência dos anteriores,

ESPAÇO DE CORES CIELAB

- No espaço de cores CIELAB, a intensidade luminosa é descrita pela luminosidade (L^*), e as cores por duas coordenadas, que variam de -120 a 120:

ESPAÇO DE CORES CIELAB

- A coordenada a^* contém o espectro de cores que variam entre **vermelho** e **verde** e;

A coordenada b^* , por sua vez possui o espectro de cores variantes entre as cores **amarelo** e **azul**

Y Cb Cr

YCbCr é a versão digital do vídeo componente (a versão analógica do vídeo componente, que é a mais usada, é chamada YPbPr). Estes dois padrões são também conhecidos como YUV. “Y” é a informação de luminância (a imagem em preto-e-branco), Cb é a diferença entre o azul e a luminância (B-Y) e o Cr é a diferença entre o vermelho e a luminância (R-Y). Os três números representam as taxas de amostragem usadas para codificar os sinais Y, Cb e Cr, respectivamente.

RGB - > Y Cr Cb

$$\begin{aligned}y &= 16 + (0.2125 * r + 0.7154 * g + 0.0721 * b) * 219 / 256; \\cb &= 128 + ((-0.115) * r - 0.386 * g + 0.5000 * b) * 224 / 256; \\cr &= 128 + (0.5000 * r - 0.454 * g - 0.046 * b) * 224 / 256;\end{aligned}$$

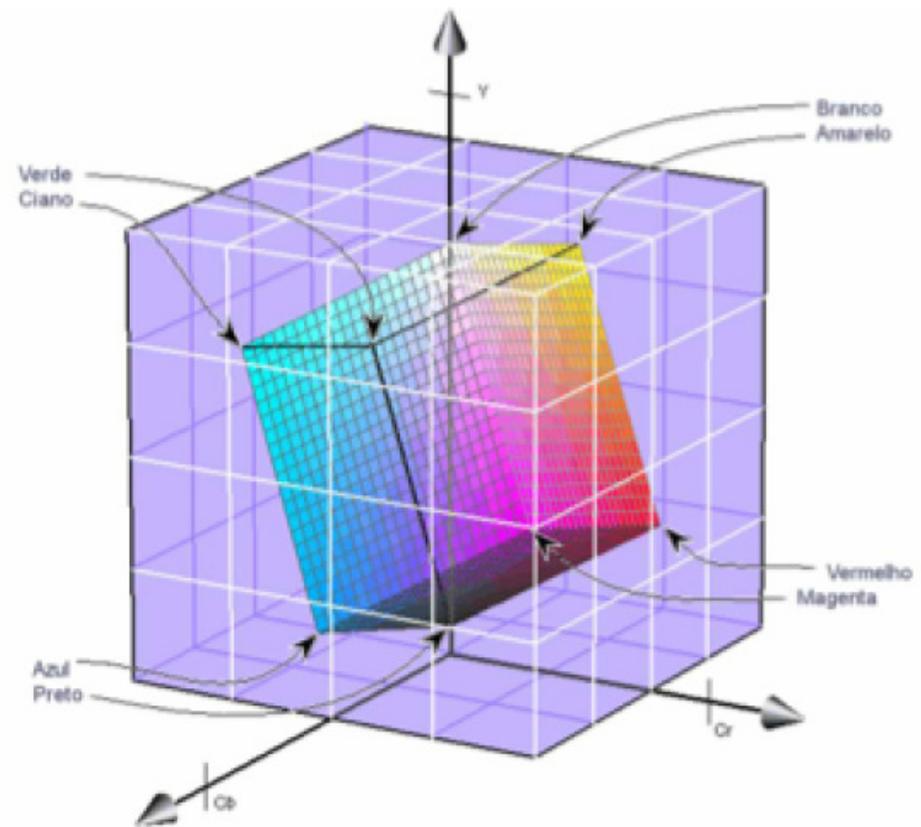
Y Cr Cb - > RGB

$$r = ((y - 16)) * 255 / 219 + 1.575 * ((cr - 128) * 255) / 224;$$

$$g = ((y - 16)) * 255 / 219 - 0.187 * ((cb - 128) * 255) / 224 - 0.4678 * ((cr - 128) * 255) / 224;$$

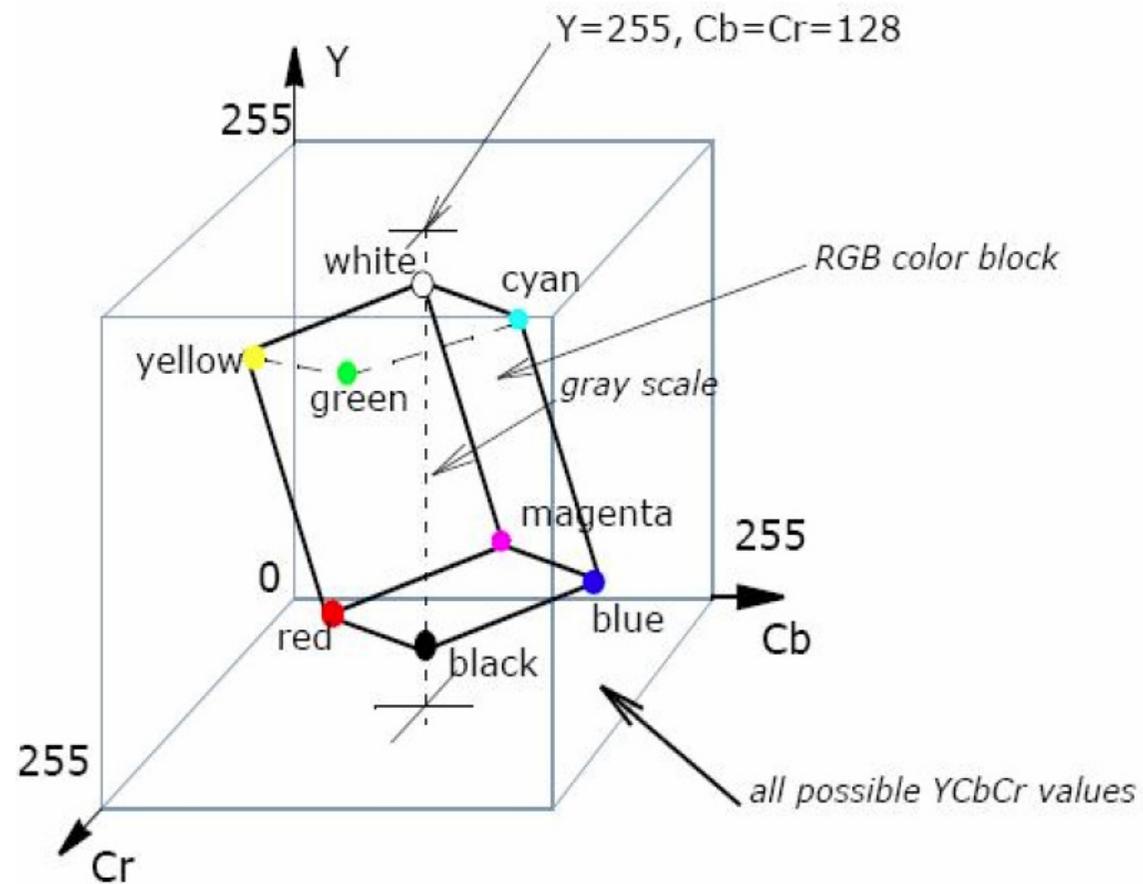
$$b = ((y - 16)) * 255 / 219 + 1.8508 * ((cb - 128) * 255) / 224;$$

O YCbCr não é um espaço de cores absoluto e sim uma forma de codificação das informações digitais RGB. Esta codificação está definida na recomendação ITU-T 601-4 e é dependente do dispositivo. A compressão MPEG (formato de vídeo H264) usada em DVDs, blu-rays, projetores LCD, televisores digitais de alta definição e câmeras digitais produzem vídeo codificado usando YCbCr. Um espaço equivalente ao YCbCr utilizado em aplicações analógicas é o YPbPr.



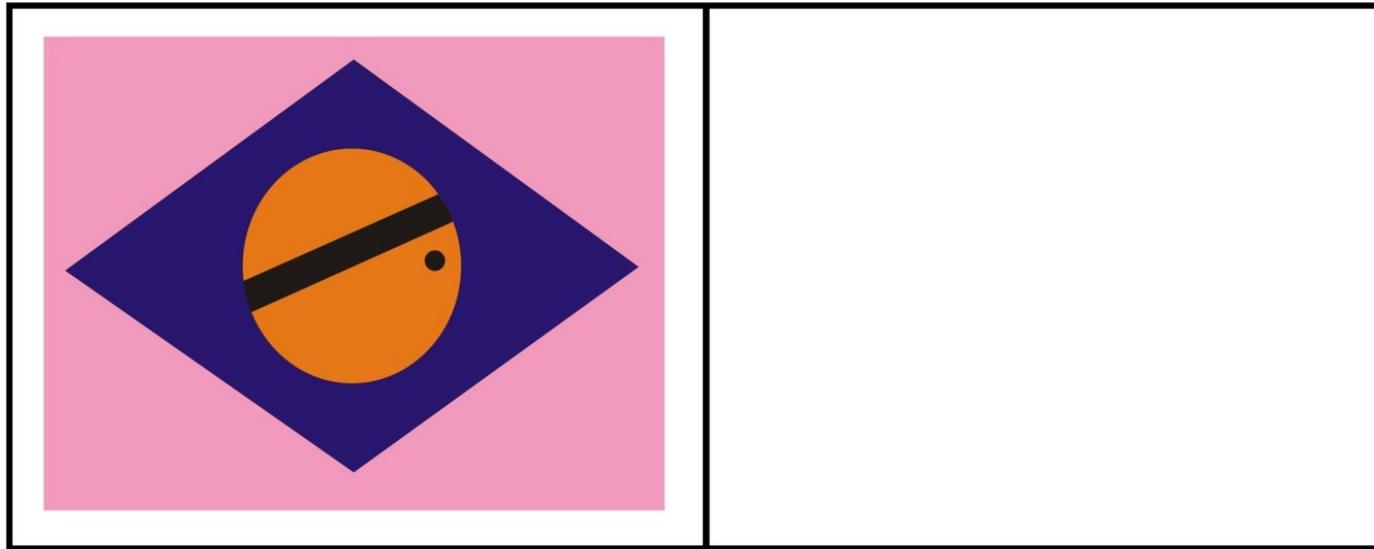
RGB representado nos eixos YCbCr.

Cores possíveis RGB ocupam apenas parte do espaço de cor YCbCr limitado pelas faixas nominais, portanto, há muitas combinações YCbCr que resultam em valores inválidos RGB.



Outras Características das Cores

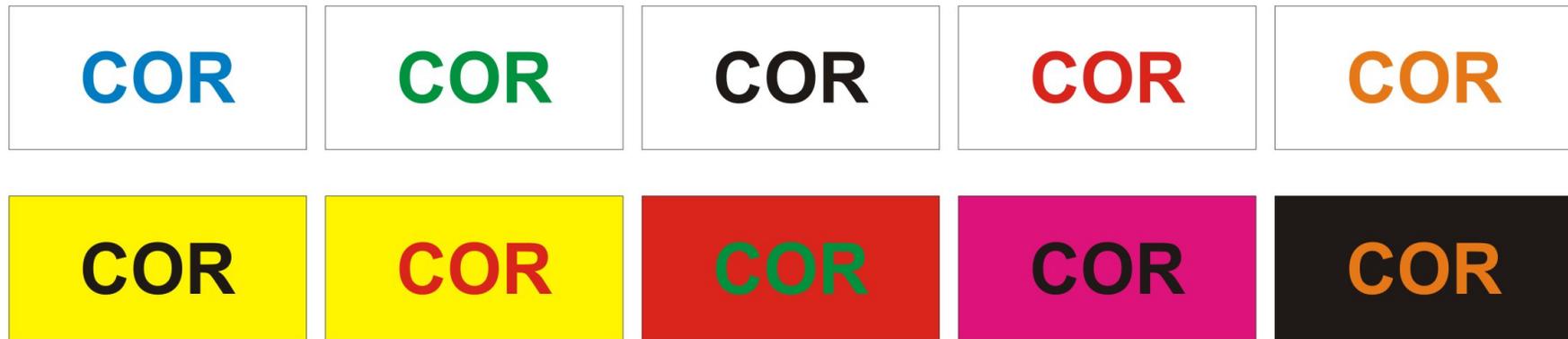
Alem dos fenômenos já vistos há diversos outros (after color, Cores Sucessivas, interação com a vizinhança, etc.)



Saturação da utilização (uso de tudo o que esta disponível no nosso corpo no momento) das “*opsinas*” na percepção de cores.

Outras Características das Cores

Contraste fundo-letra



Contrastes ideais de cores

Outras Características das Cores

Interpretação e cor

ZUL ROXO AZUL VERDE AMARELO
SA PRETO LARANJA ROSA VERM
MARELO VERMELHO MARROM A
ZUL VERDE PRETO LARANJA RO

Percepção da cor associada a interpretação das palavras.

Percepção e Cognição

Bibliografia Complementar

- Kaiser, PeterK. *The Joy of Visual Perception: A Web Book*, York University, <http://www.yorku.ca/eye/>
- Smal, James; Hilbert, D.S. (1997). *Readings on Color, Volume 2: The Science of Color*, 2nd ed., Cambridge, Massachusetts: MIT Press. ISBN 0-262-52231-4.
- Kaiser, Peter K.; Boynton, R.M. (1996). *Human Color Vision*, 2nd ed., Washington, DC: Optical Society of America. ISBN 1-55752-461-0.
- Wyszecki, Günther; Stiles, W.S. (2000). *Color Science: Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae*, 2nd edition, places: Wiley-Interscience. ISBN 0-471-39918-3.
- McIntyre, Donald (2002). *Colour Blindness: Causes and Effects*. UK: Dalton Publishing. ISBN 0-9541886-0-8.
- Shevell, Steven K. (2003). *The Science of Color*, 2nd ed., Oxford, UK: Optical Society of America, 350. ISBN 0-444-512-519.
- Color Theory and Modeling for Computer Graphics, Visualization, and Multimedia Application, editado por Haim Levkowitz, 1997.