

Análise de Imagens - 2018

Cor e o Sistema de Visão Humana

Detalhes da **teoria da **percepção** de **cores** que devem ser considerados se o objetivo é fazer uma AI eficiente em sistemas atuais.**

Se sua imagem é colorida qual espaço de cores representa-la ?

Introdução

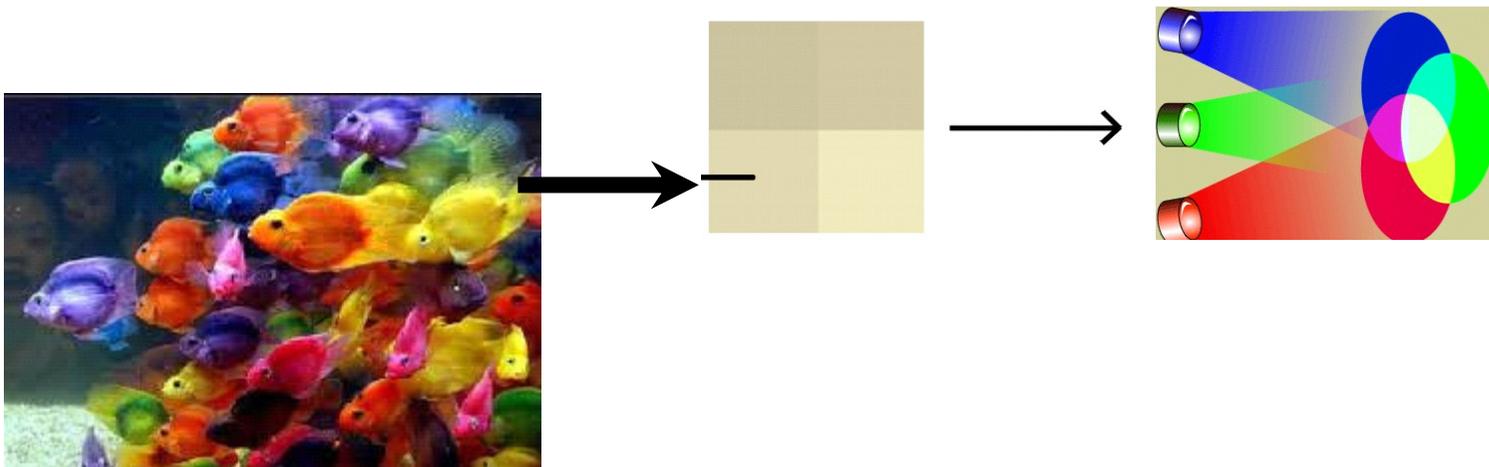
Atualmente não há sistema de computador ou mesmo uma imagem, que não use **cor**, mas será que o **básico** que todos nós sabemos é **suficiente para projetar um sistema de cores adequado?**



Perceber é mais que captar

A **cor** e o **contraste** são analisadas por partes diferentes dos olhos.

Estas partes estão **fisicamente separadas** e são anatomicamente distintas.

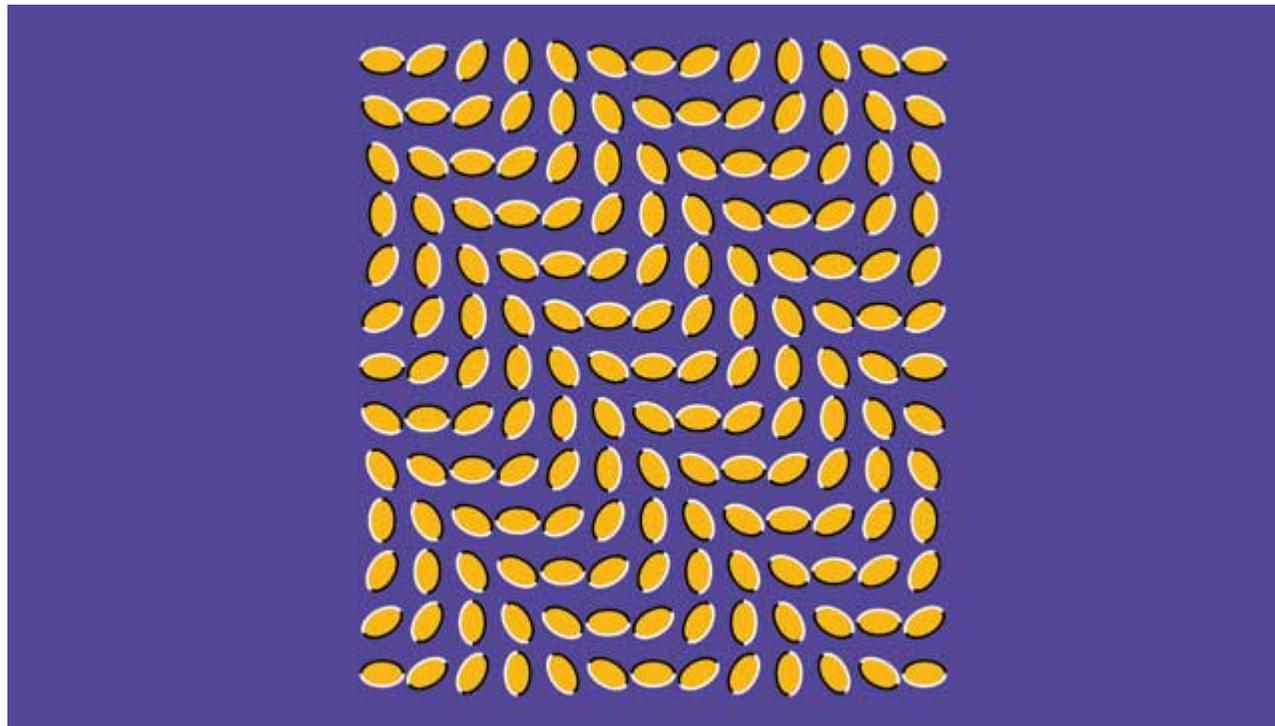


Além disso há diversas outras características da **Visão Humana** que modificam a atenção :

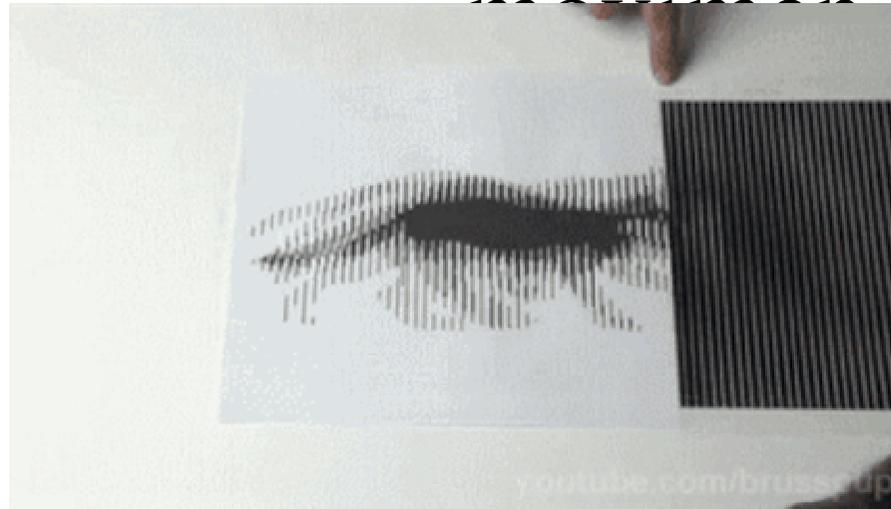
- **Adaptabilidade**
- **Constância**
- **Visão colorida**
- **Acomodação**
- **Campo de visão**
- **Acuidade**
- **Persistência visual**

Percepção do movimento

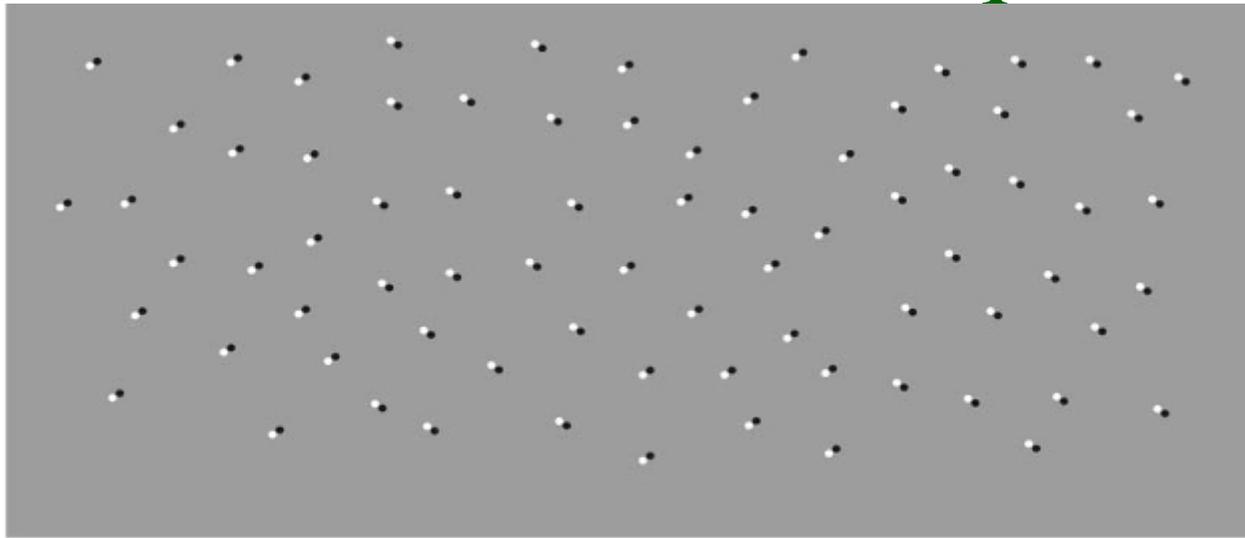
É mais primitiva do que a das cores!



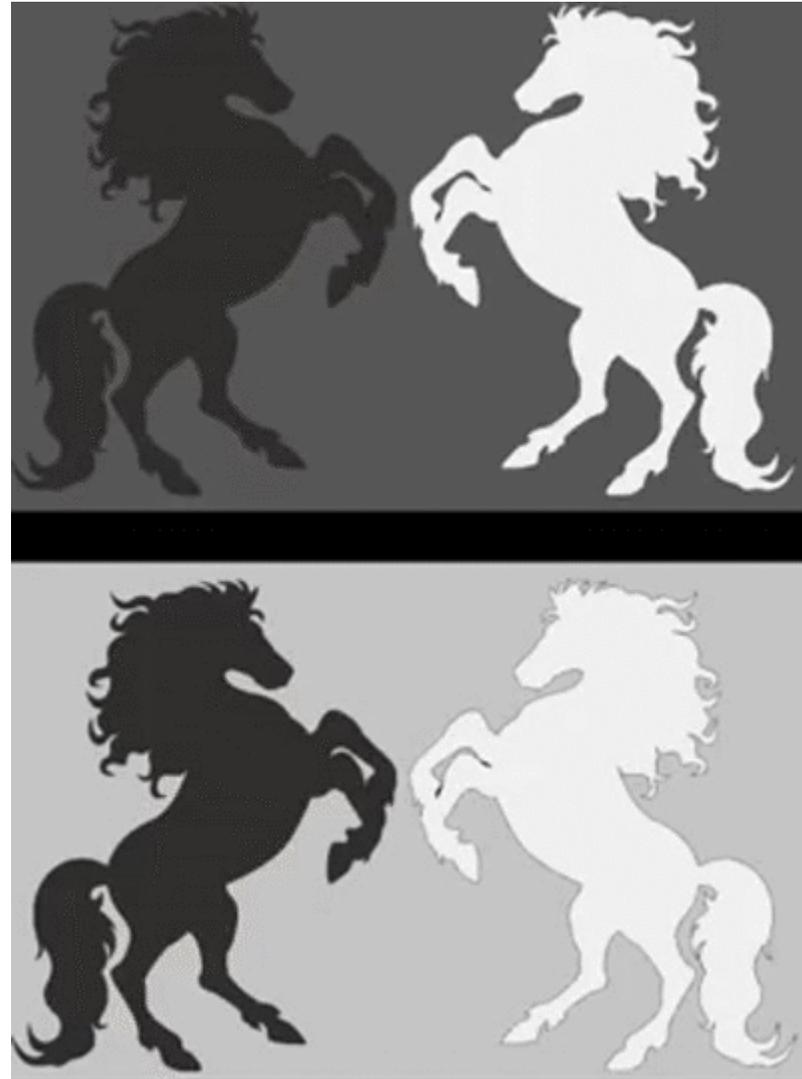
efeito de
Moiré
mas
vemos



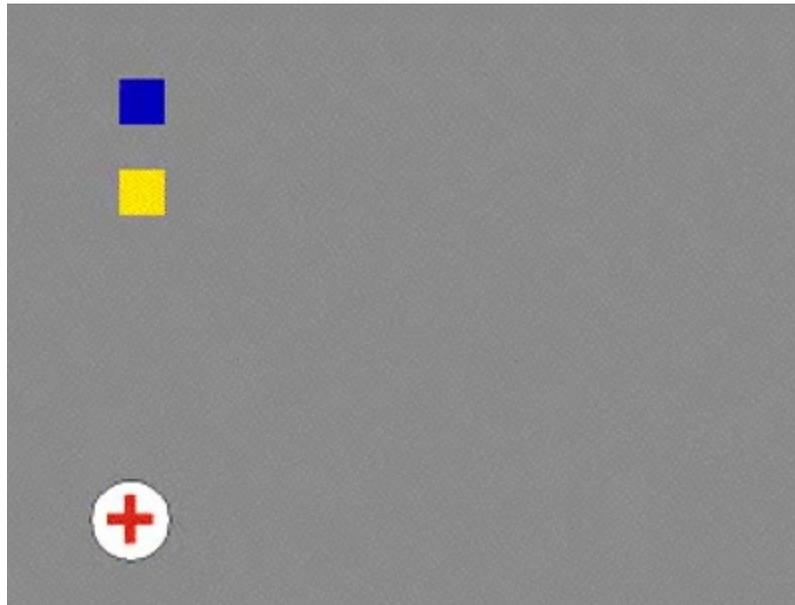
Mas nestas não houve
movimento mas se
olharmos de um lado ao
outro com nossos olhos
acharemos que há



Se busca o movimento
Mesmo quando o que há
É mudança de cor;



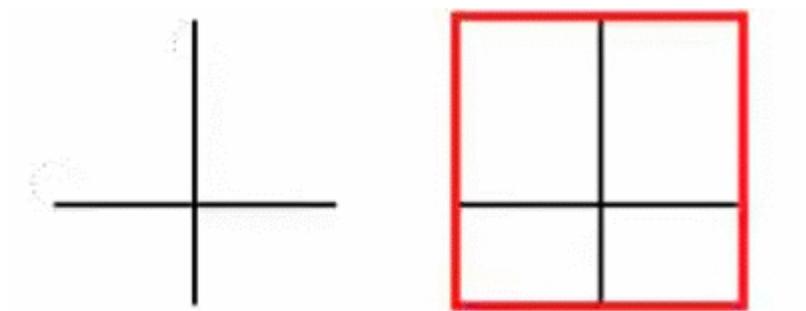
Já nestas



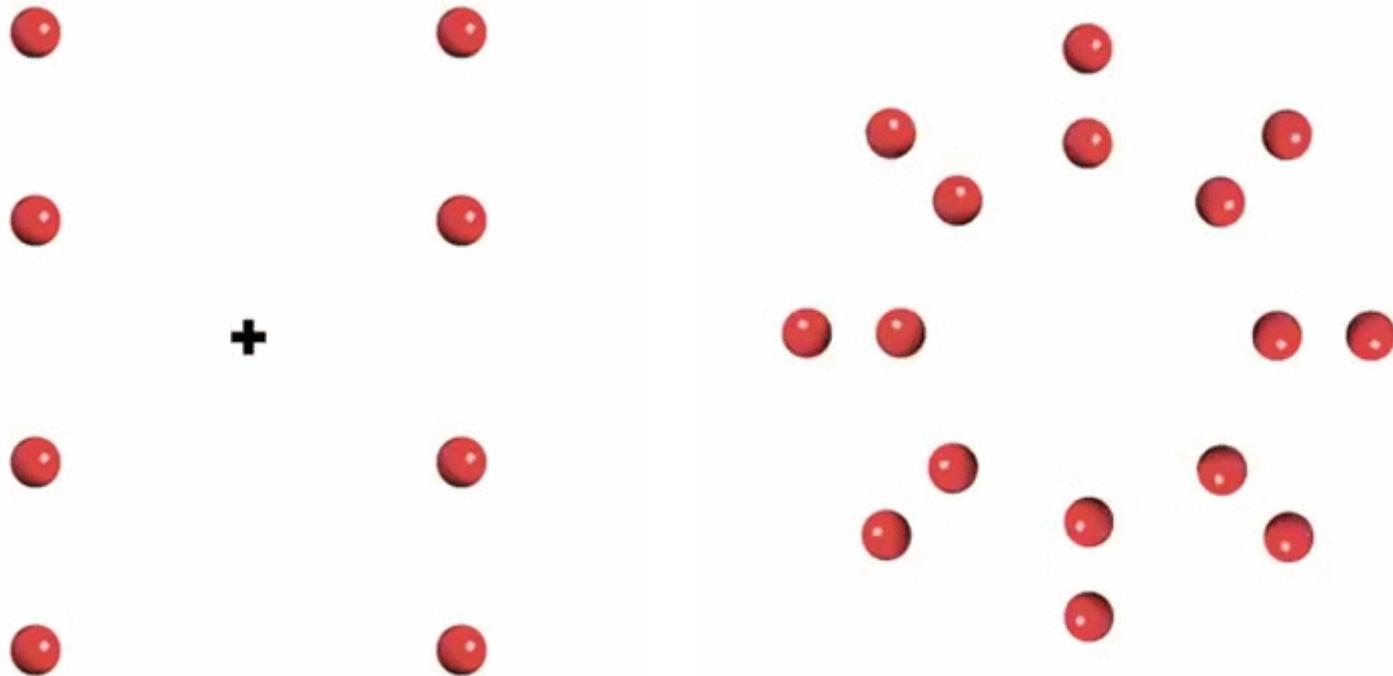
Ele não é



O que parece



Os elementos vizinhos aos principais mudam a percepção!



O trem vem ou vai?



Esconda o terço central e
depois o primeiro e último
terço desta imagem: A
velocidade é a mesma?

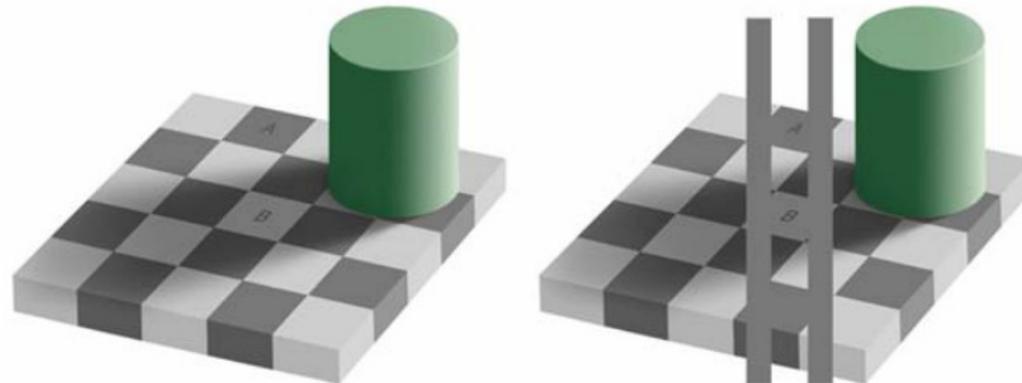


Constância de cor



“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 continuará a pensar que ela é **amarela**!

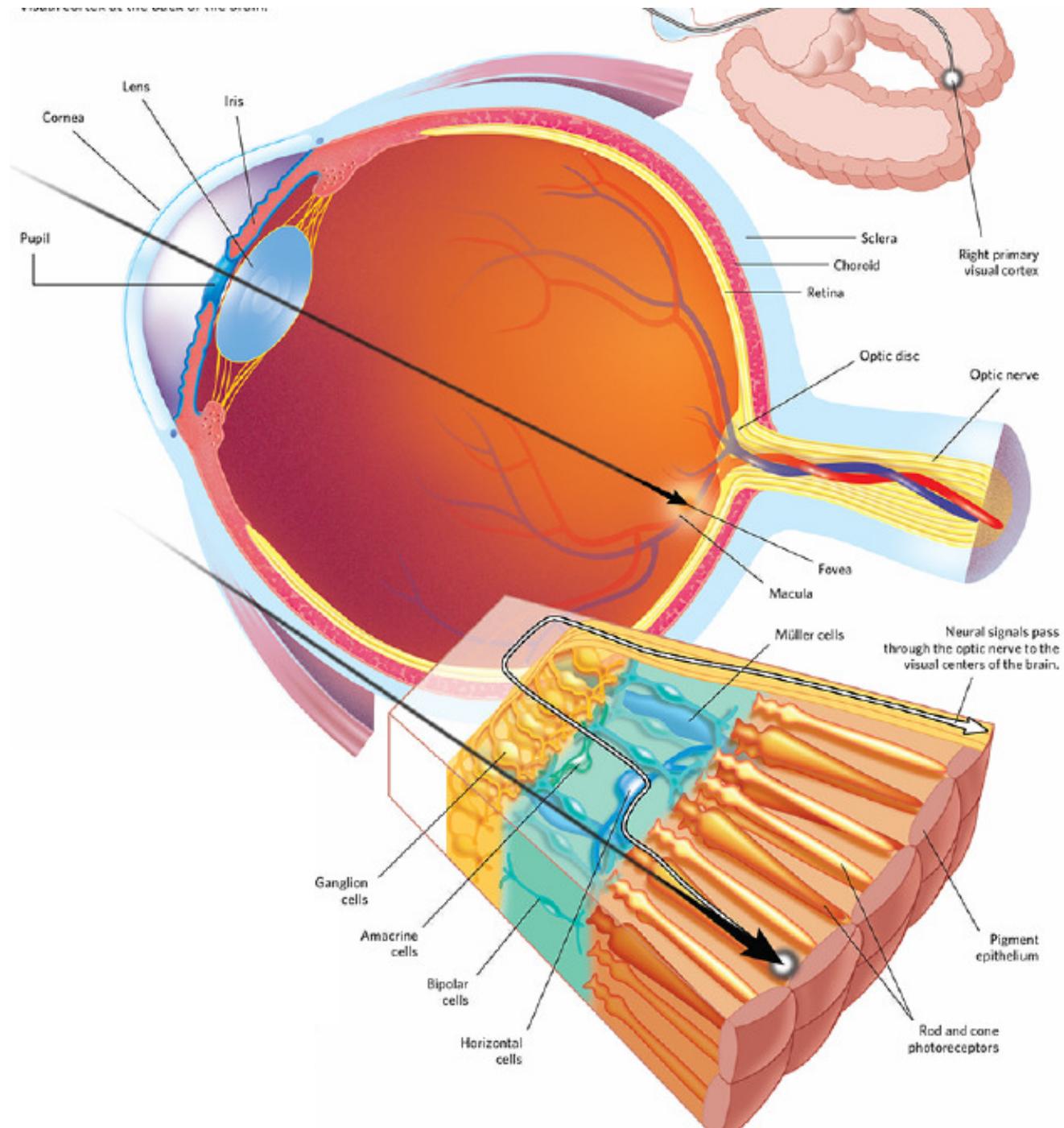


Como funciona a visão?

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.

External structures of the eye



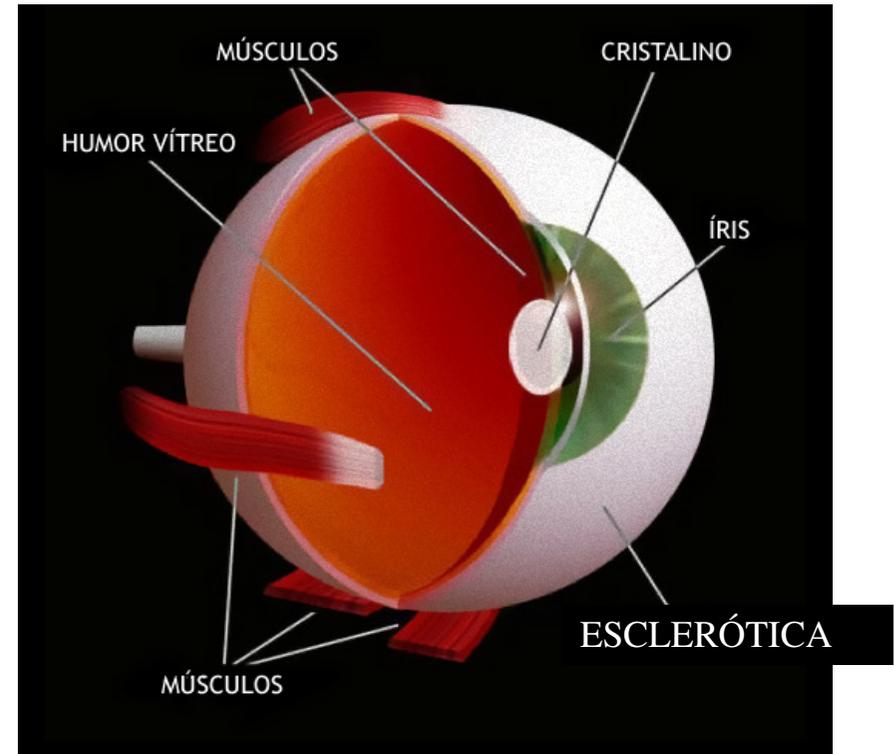
Sistema de Visão Humana

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

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

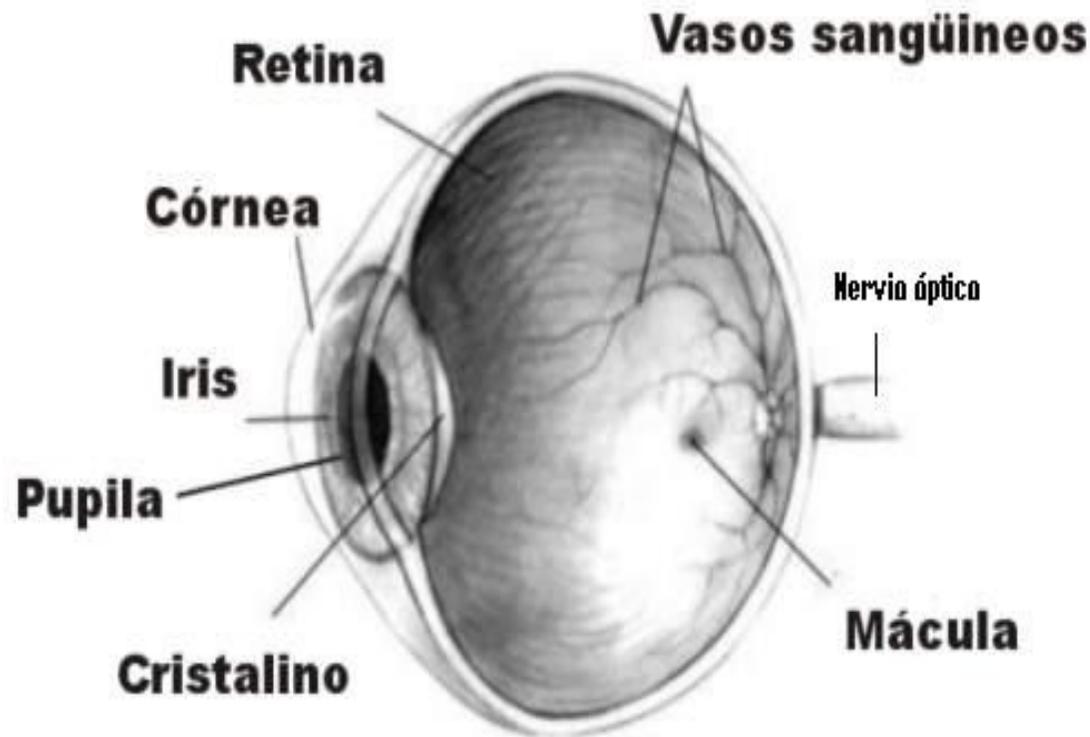
Córnea - atua como uma lente simples, captando e concentrando a luz.

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



Principais elementos do olho humano.

Sistema de Visão Humana



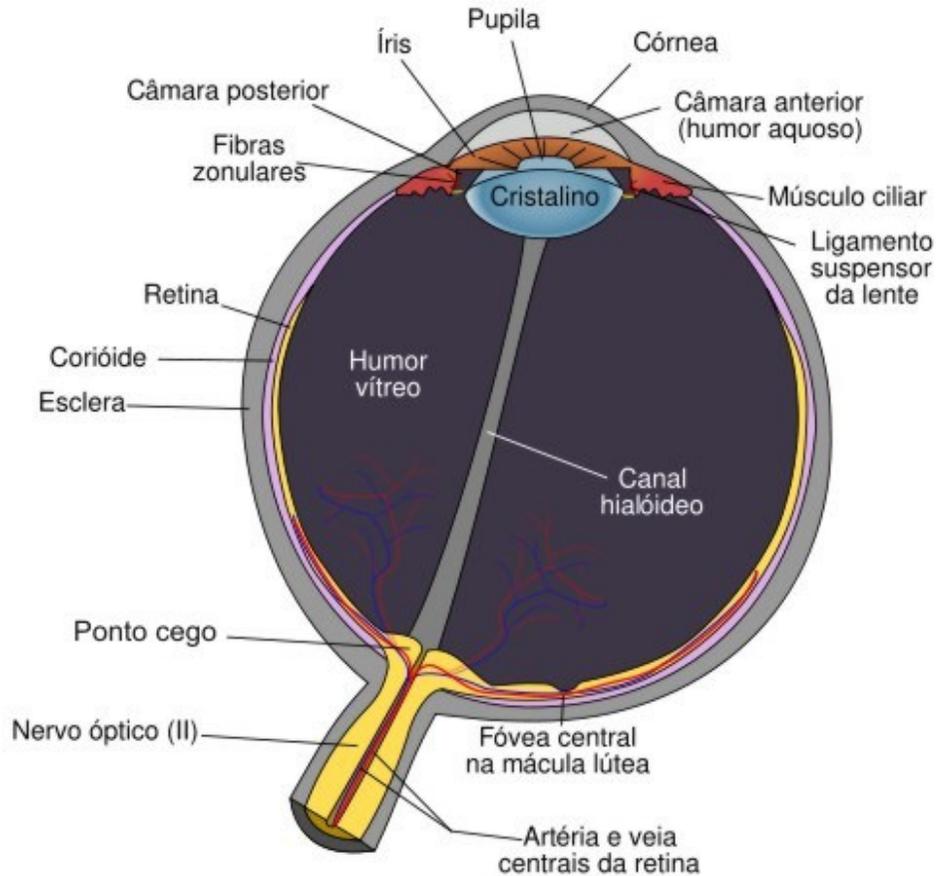
Elementos do olho em corte.

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

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

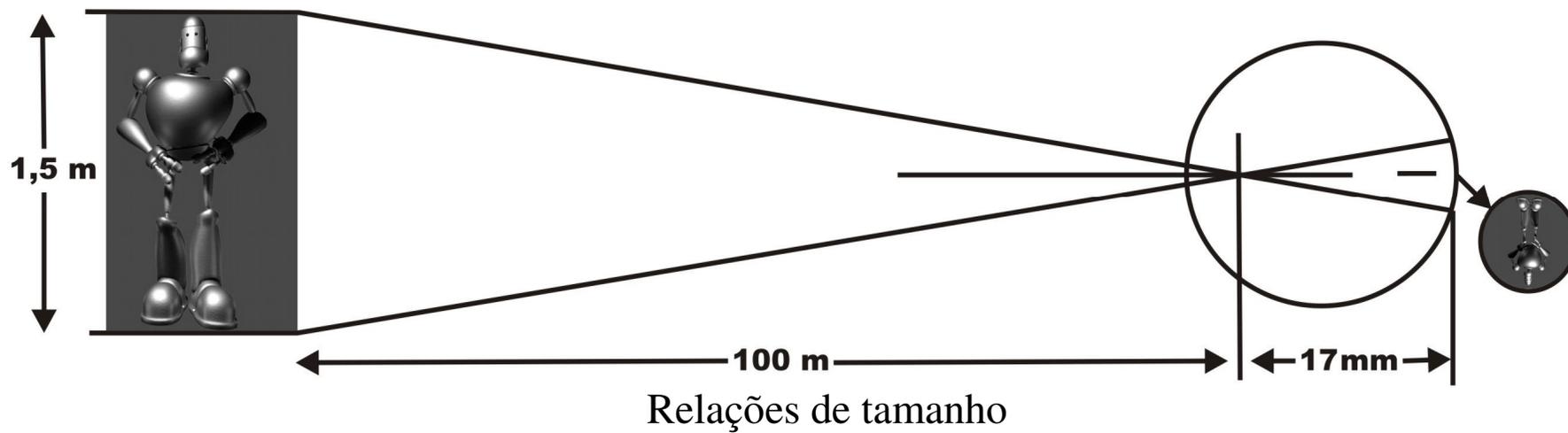
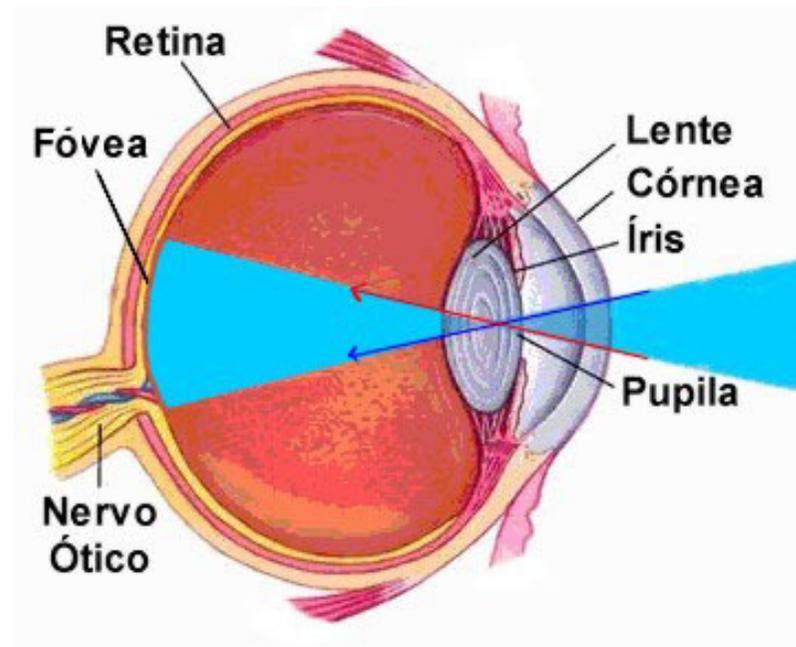


Esquema dos principais elementos do olho humano.

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

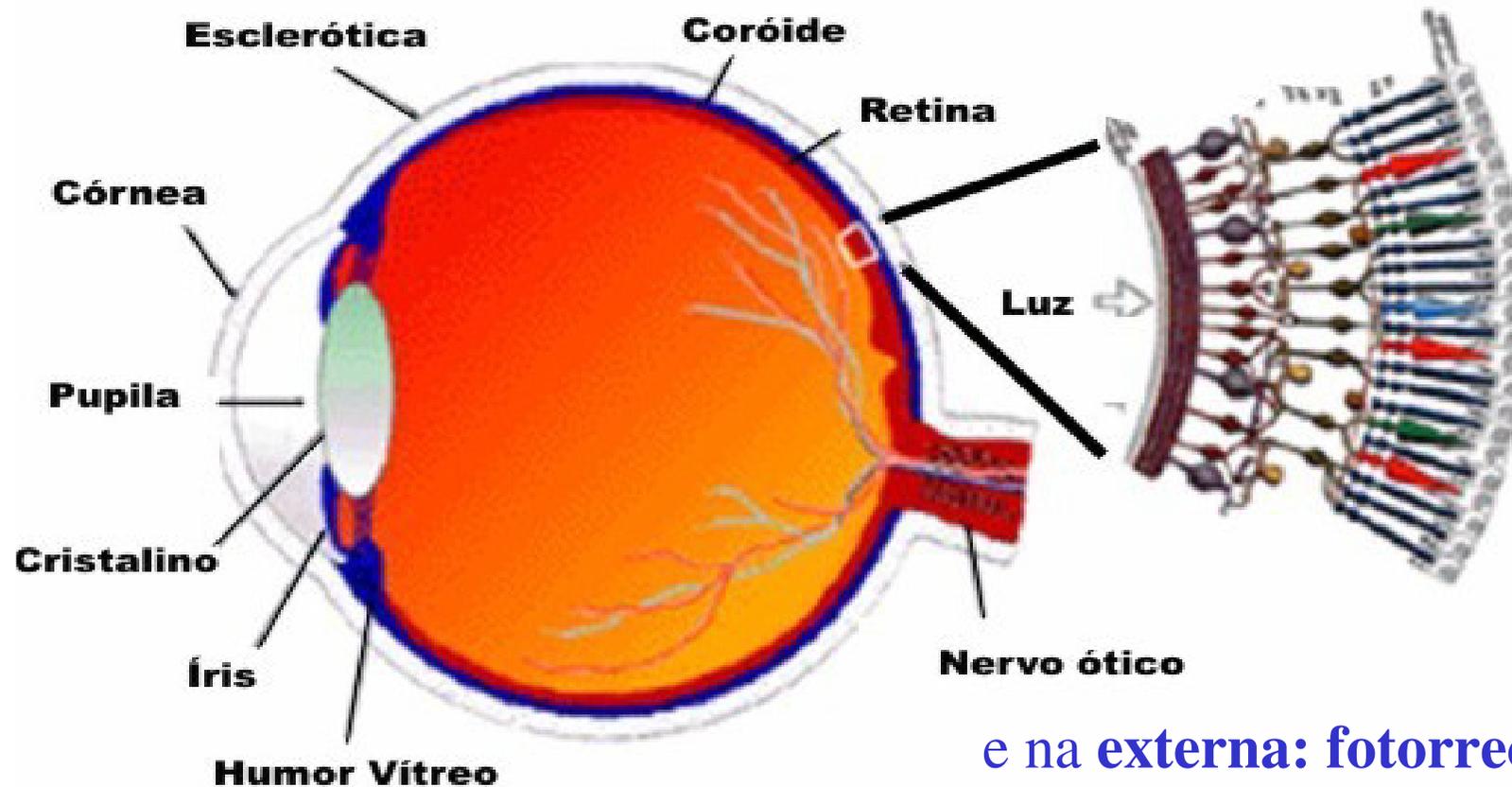
Nervo Ótico - transmite para o cérebro os sinais.

Sistema de Visão Humana



Retina tem 2s camadas nucleares:

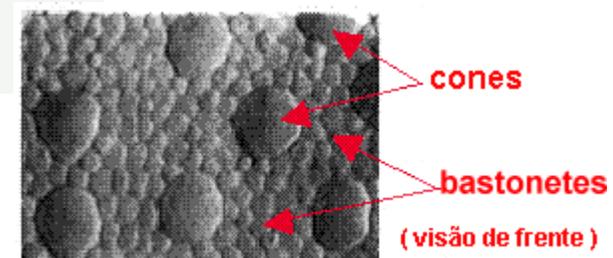
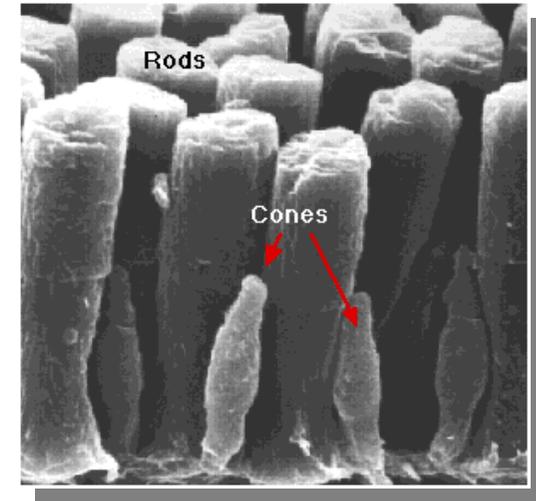
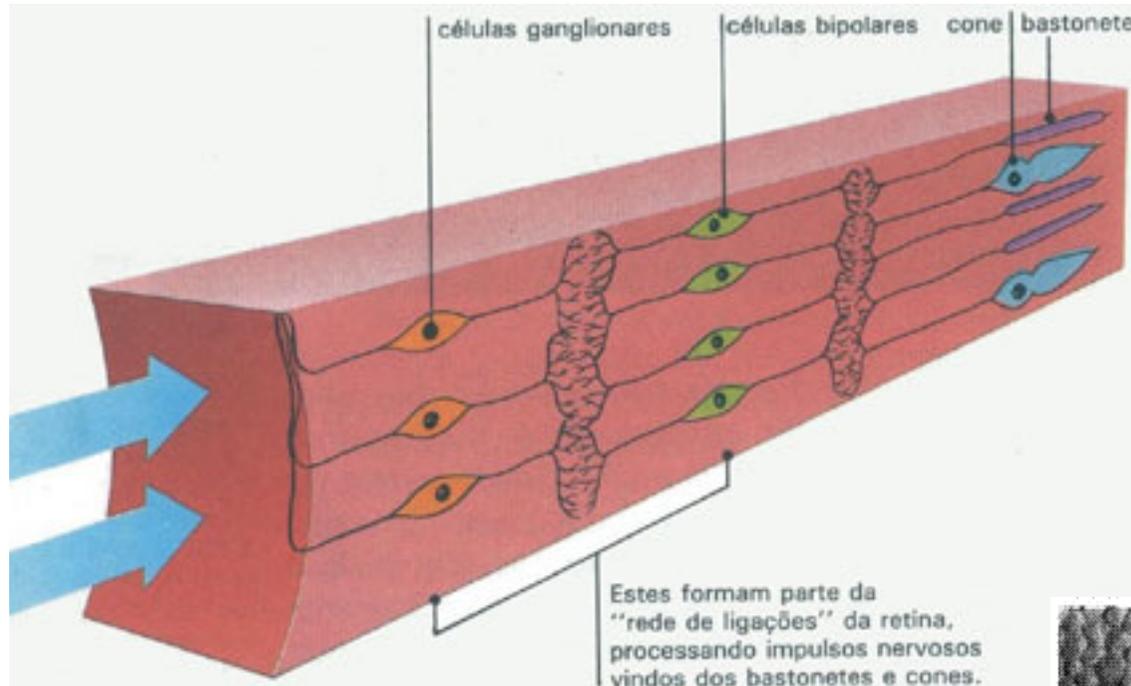
na **interna**=células bipolares+células horizontais+amácrinas



e na **externa**: fotorreceptores
(cones+bastonetes)

E ao Sistema de Visão Humana

Esquema x real



Bastonetes

Visão monocromática:

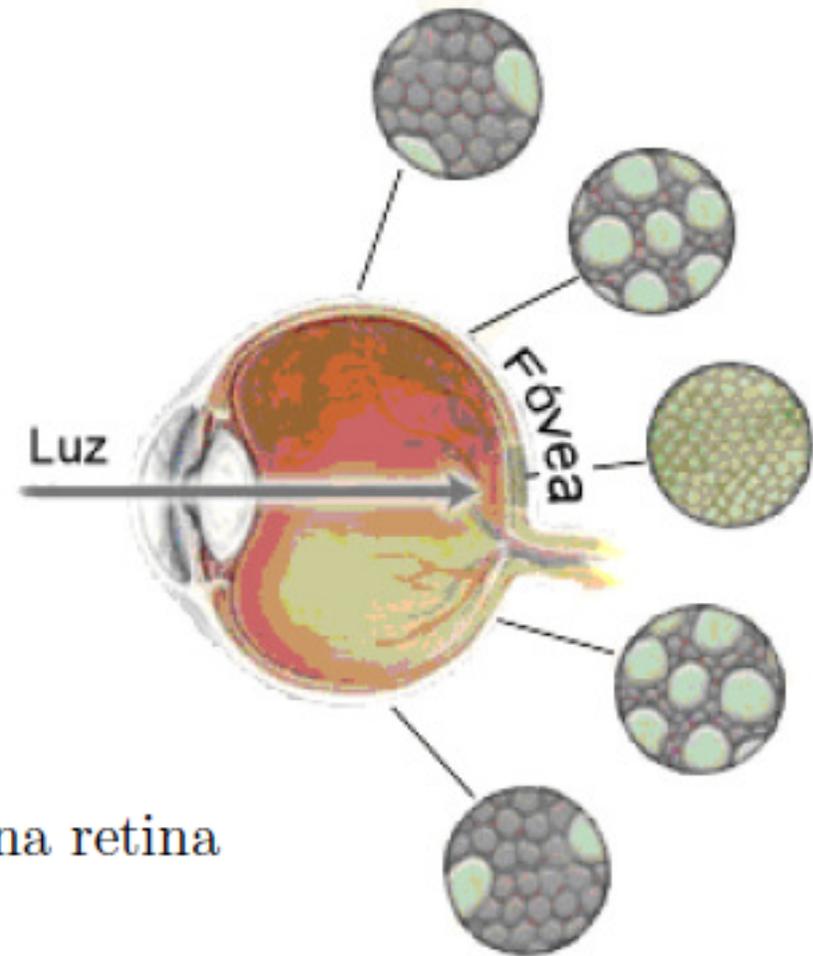
A substância química responsável pela sensibilidade dos bastonetes à luz é a **rodopsina**, quando a luz incide sobre uma molécula de rodopsina, esta gera um sinal elétrico que é transmitido às células nervosas presentes na retina.

Cones (iodopsinas)

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



Cones+bastonetes =>

Característica do processo de visão

Adaptabilidade ao nível de iluminação, do muito claro e ao quase completamente escuro:

**Visão Escotópica
e Fotópica**

ADAPTAÇÃO AO ESCURO E AO CLARO

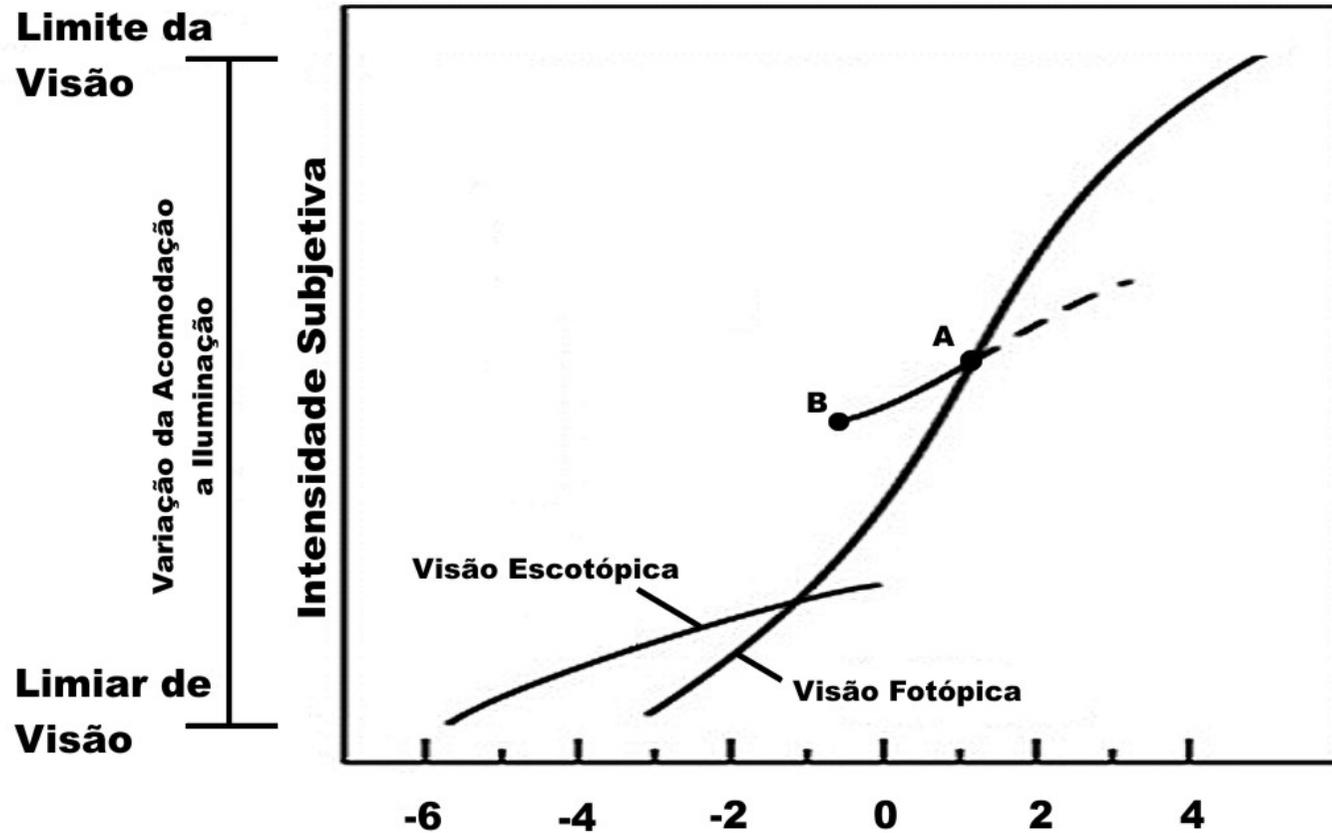


Cones adaptam-se mais rápido que bastonetes, porém com menor grau de sensibilidade

Resultado: o olho pode modificar sua sensibilidade a luz cerca de 500 mil a 1 milhão de vezes!!!

- A sensibilidade à luz dos cones e bastonetes é proporcional à concentração de rodopsina
- Adaptação ao claro – redução das substâncias fotoquímicas a retineno (conversão a vitamina A)
- Adaptação ao escuro – retino e opsinas convertidos a pigmentos fotossensíveis

Intensidade Luminosa da visão escotópica e fotópica

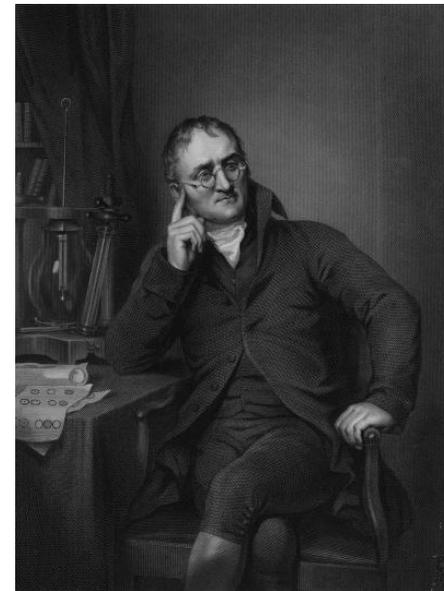


Escala Horizontal
em Log da
Intensidade
Luminosa
(miliAmperes)

2.3. 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 os problemas de visão a cores são também chamados de **Daltonismo.**



Teste de Daltonismo

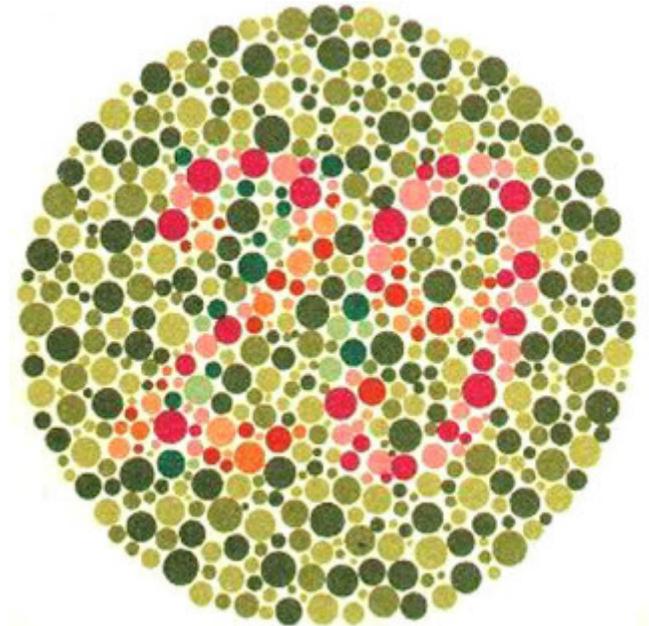
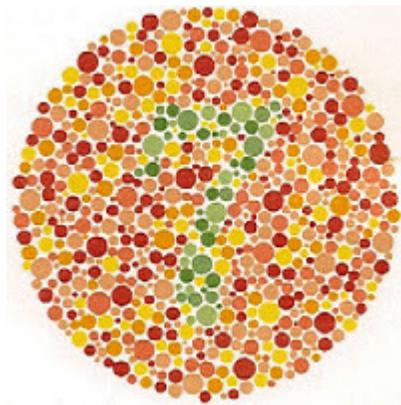
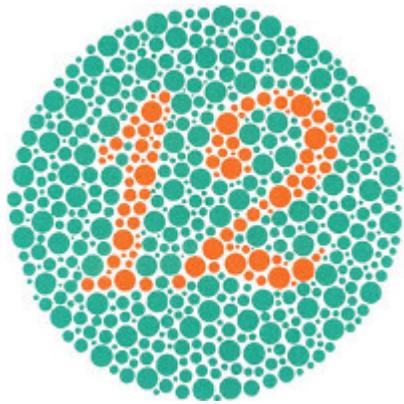
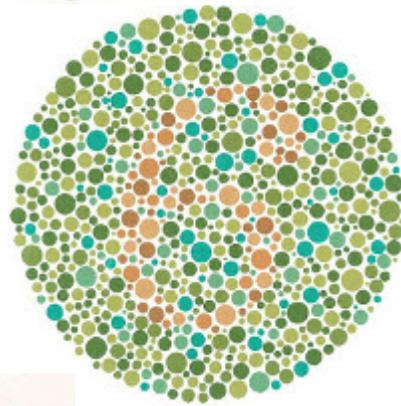
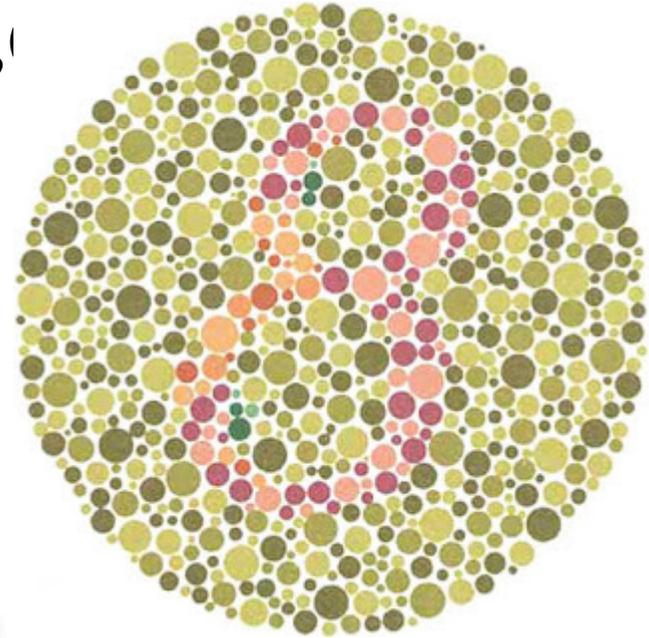
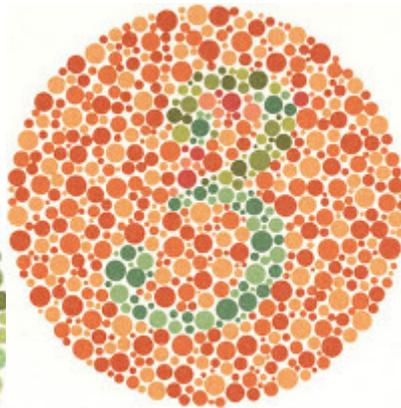
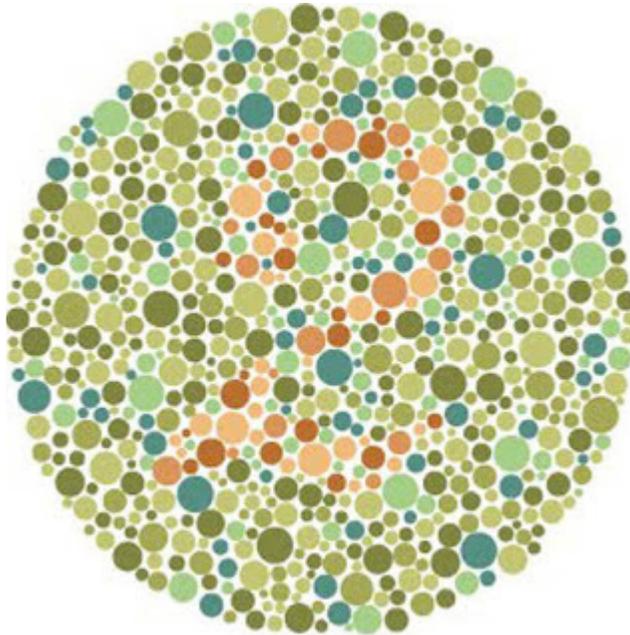
Na maioria das vezes o daltônico leva anos para perceber sua deficiência: Como sentir falta de algo que nunca se viu?

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

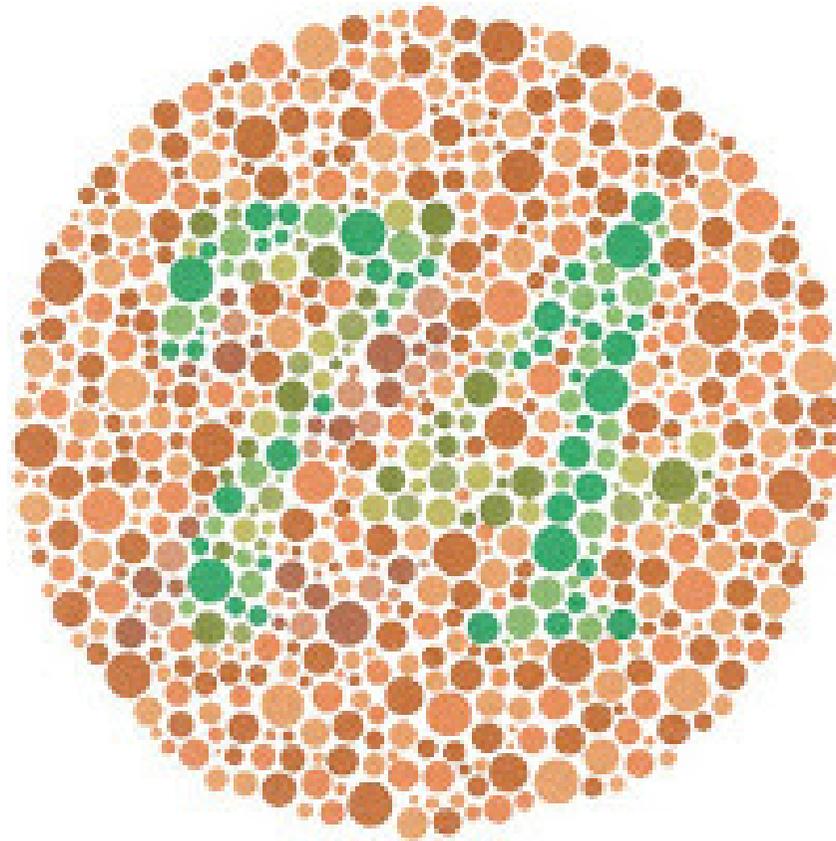
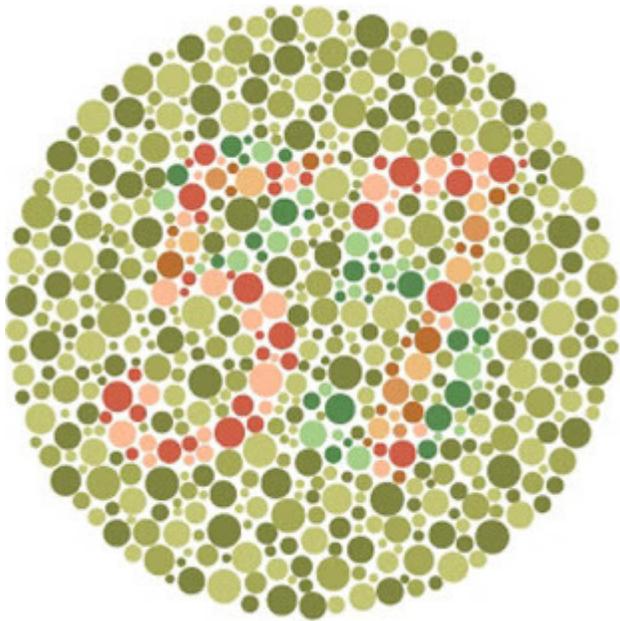
Teste resumido de daltonismo utilizando **figuras de Ishihara**.

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



2.3. 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 maior de uma dessas cores e menor nas outras - são chamadas de **tricromatas anormais**.

2.3. 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**.

2.3. Percepção de Cor

Dicromatas :

Outras pessoas, os dicromatas, são capazes vêem **branco** com mistura de apenas **duas** das três cores citadas.

Dicromatismo é consequência da **ausência de síntese** de um desses pigmentos.

Mais comuns pessoas **protanópsicas** ou **deuteranópsicas**, caso a confusão se faça em relação **ao vermelho** ou ao **verde**, respectivamente

2.3. 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.

2.3. 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**.

2.3. 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**)

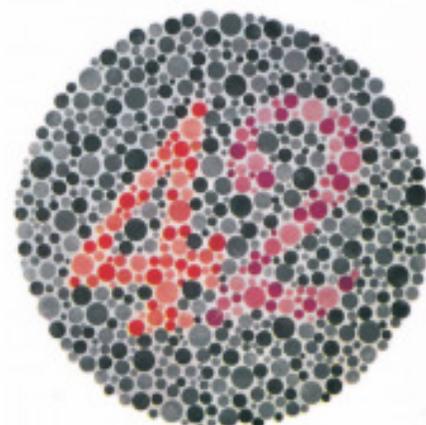
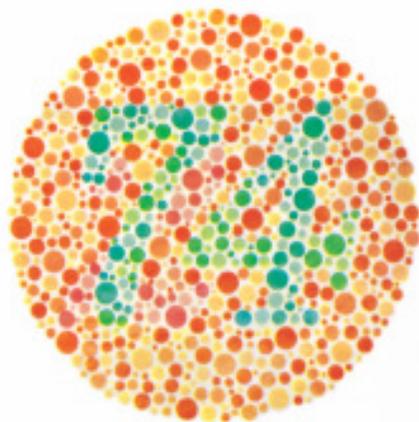
2.2 **DEUTERANÓPISICOS** (sem fotopigmento **Verdes**)

2.3 **TRITANOPISICOS** (sem fotopigmento **Azul**)

3. MONOCROMATAS OU ACROMATAS

CEGUEIRA PARA CORES

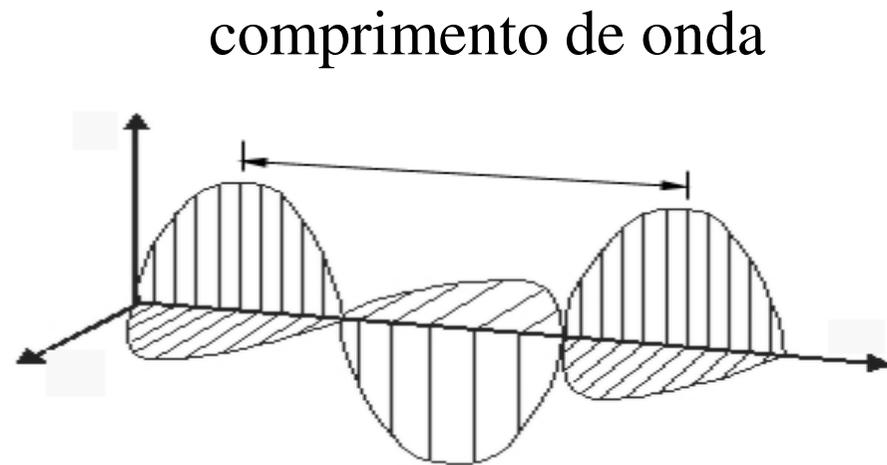
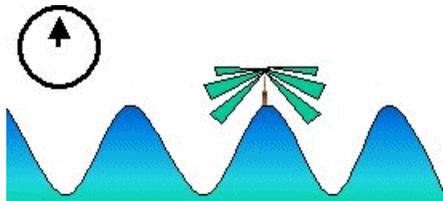
- Deficiência de um dos tipos de cones
 - Indivíduo protanópico – falta de cones vermelhos
 - Indivíduo deuteranópico – falta de cones verdes
 - Deficiência para o azul – mais raro!
- Liga ao sexo (genes no cromossomo X) – mais comum em homes



Características óticas da luz

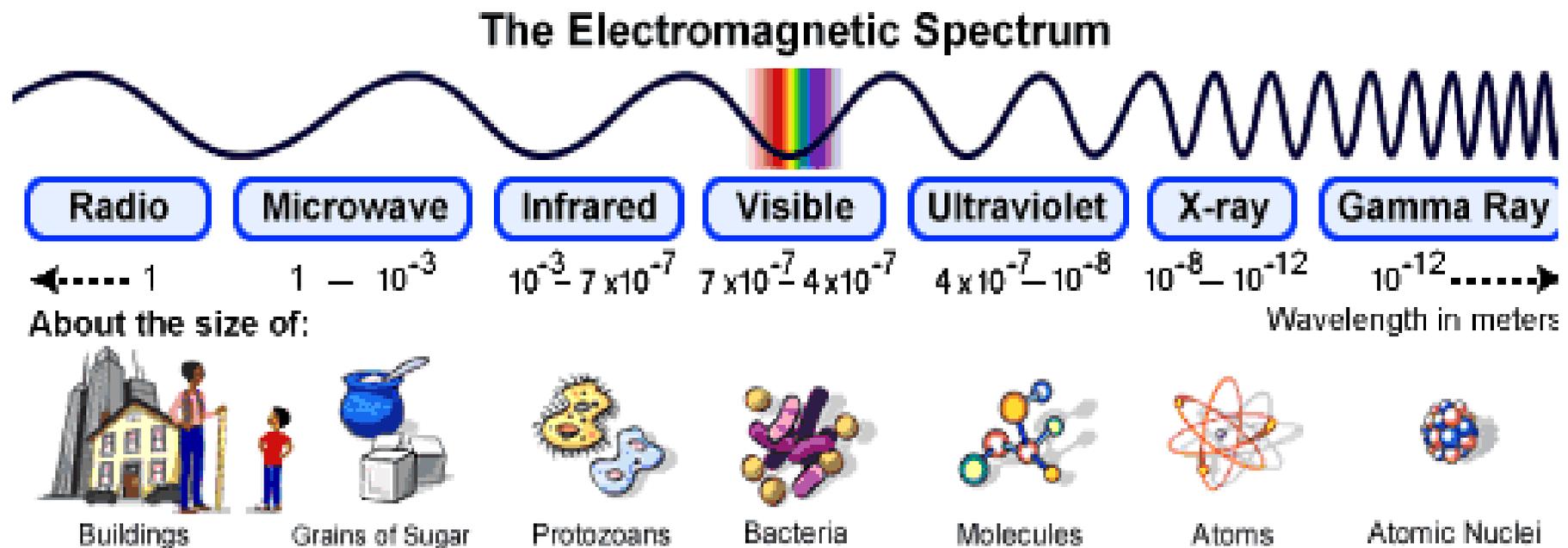
A luz é uma radiação eletromagnética que interage com as superfícies por:

- reflexão
- absorção
- transmissão



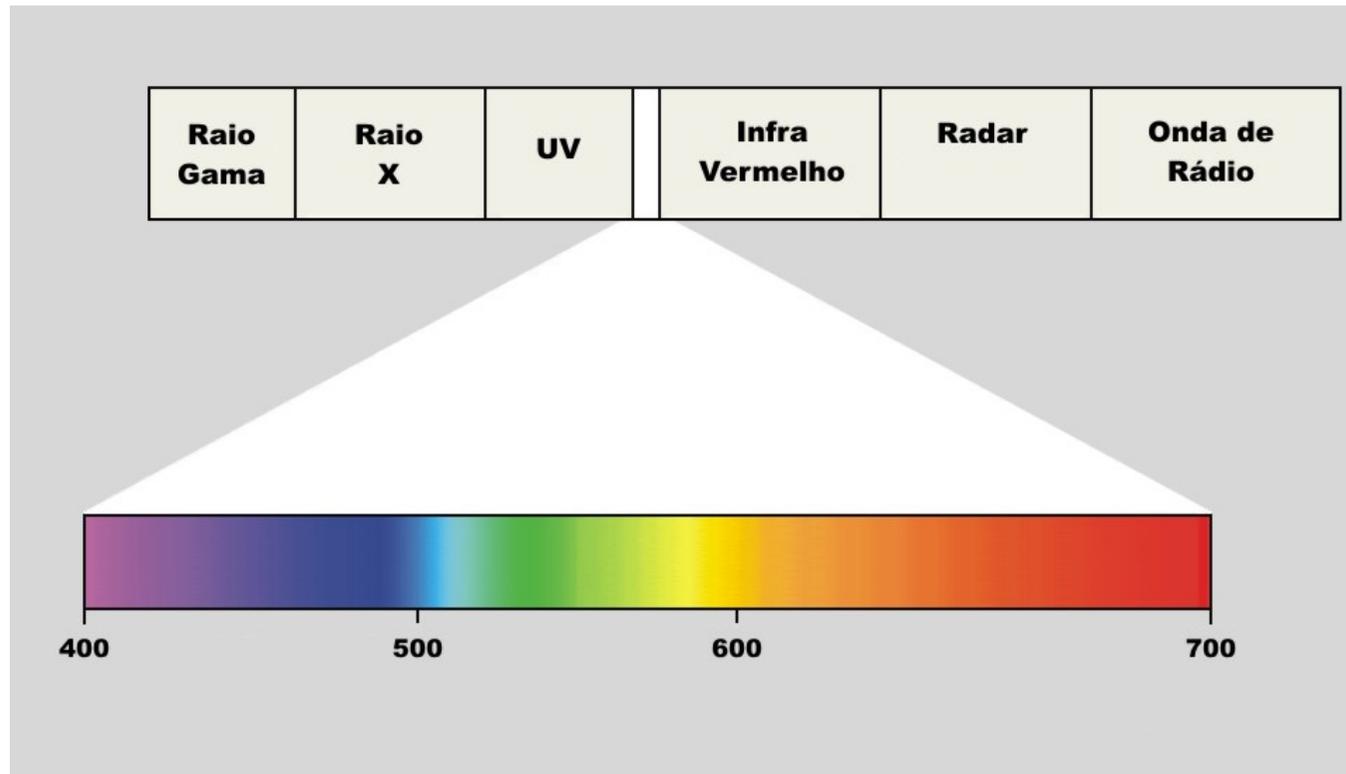
Espectro eletromagnético

E comprimentos de onda



Características ópticas da luz

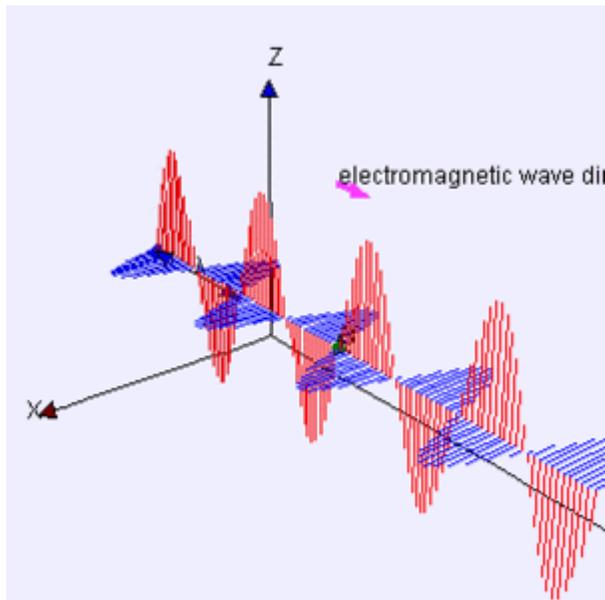
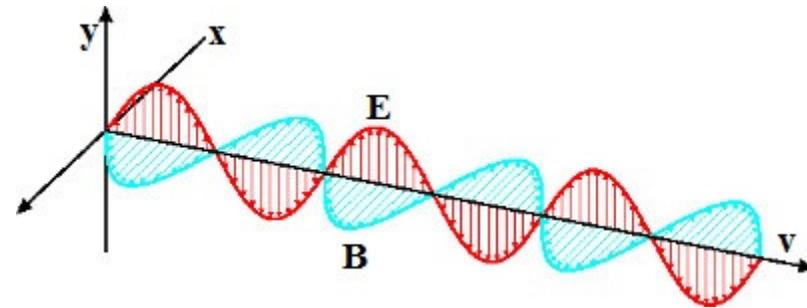
Radiação Eletromagnética



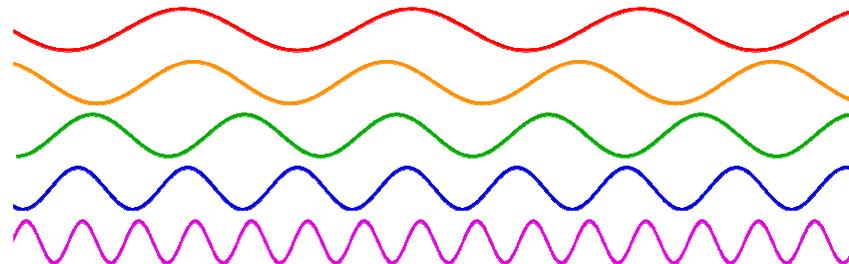
Espectro eletromagnético e comprimentos de onda

(em nano metros – nm) .

Uma onda eletromagnética, sendo o campo elétrico (E), o campo magnético (B) e a velocidade (V) perpendiculares entre si



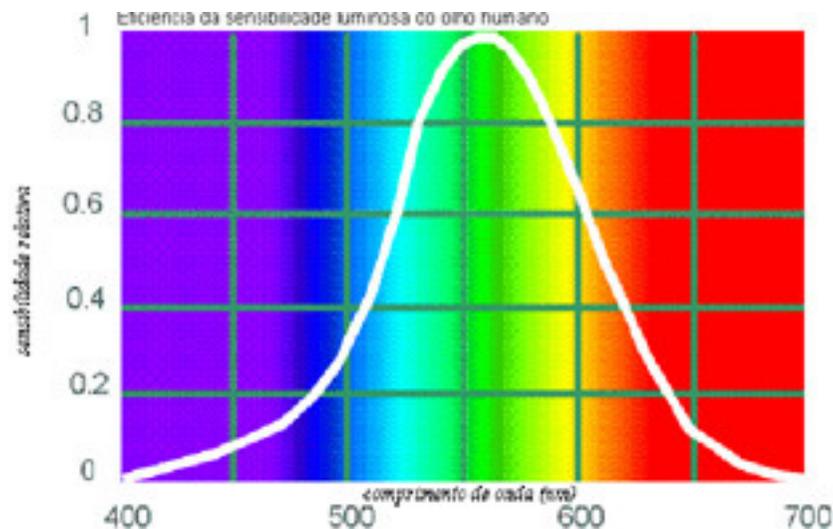
Se a luz for pura de acordo com seu comprimento de onda é vista como em uma cor



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.



Uma coisa é

Como a gente percebe a cor e a outra é como a gente manipula as cores e tons para ver as cenas.

Hoje pela computação podemos ver diversas coisas que antes seria invisíveis

Como o Infravermelho

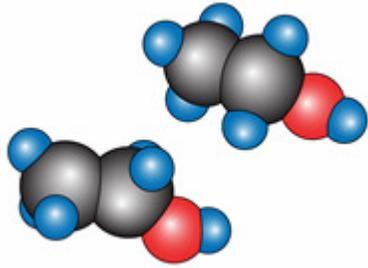
Infravermelho ou Imagem Térmica O que é *false color*?



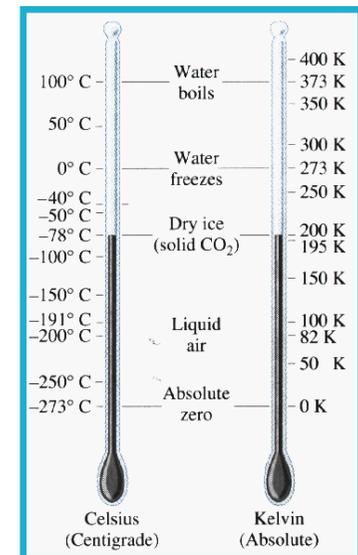
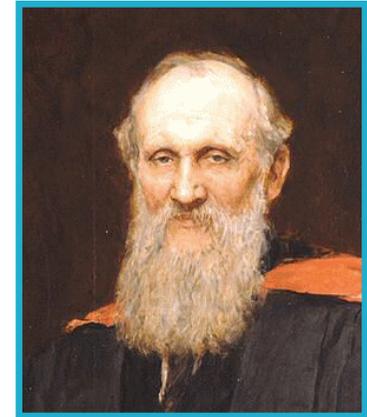
Exemplo de uma cena exibida em RGB e a mesma cena captada por um sensor térmico e nível de



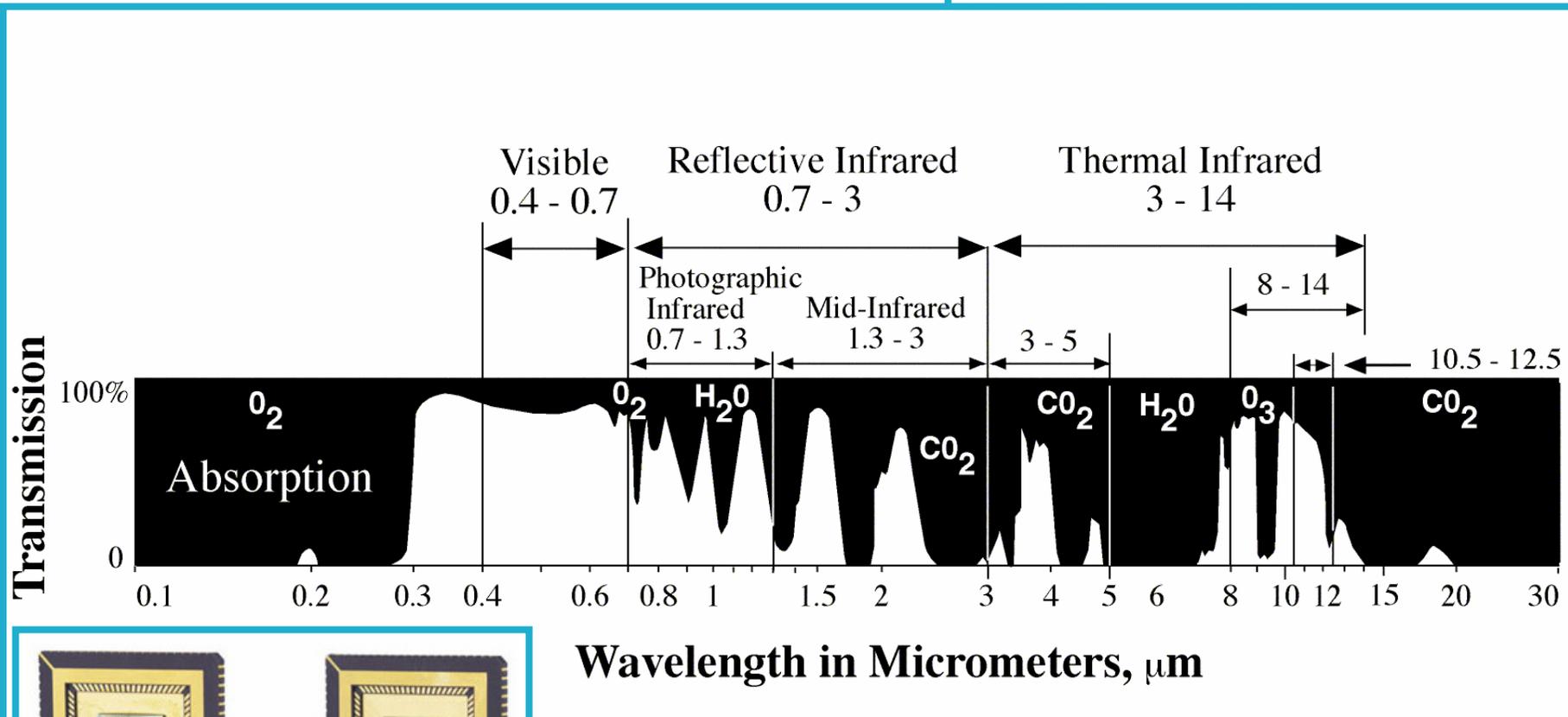
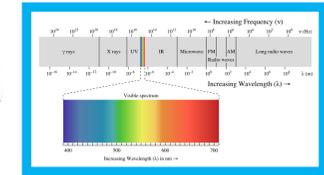
uma cena capturada por um sensor térmico e representada associando o temperatura a cores (*false color*)



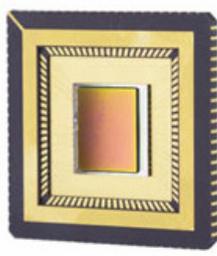
Todos os corpos com temperatura acima do zero absoluto ($-273^{\circ}\text{C} = 0^{\circ}\text{ Kelvin}$) emitem radiação de infravermelho na forma de ondas eletromagnéticas que podem ser absorvidas por outros corpos ao redor.



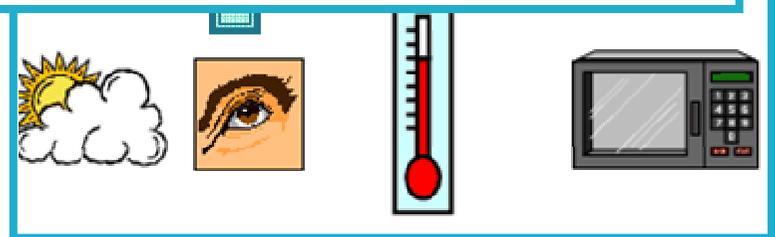
Características das Ondas Infravermelhas



MWIR (InSb)
Focal Plane Arrays

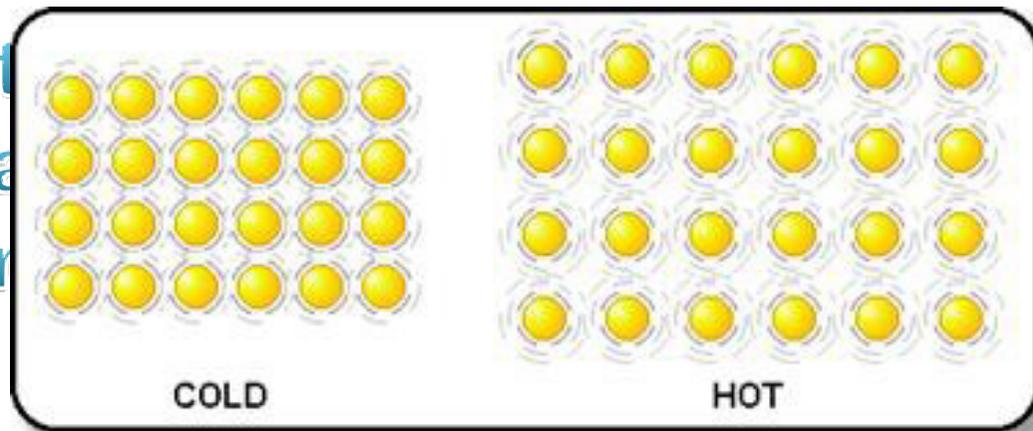


SWIR (InGaAs)
Focal Plane Arrays



Quanto mais quente um objeto é, maior quantidade de energia térmica ele emite.

Esta imagem é uma representação da energia térmica.

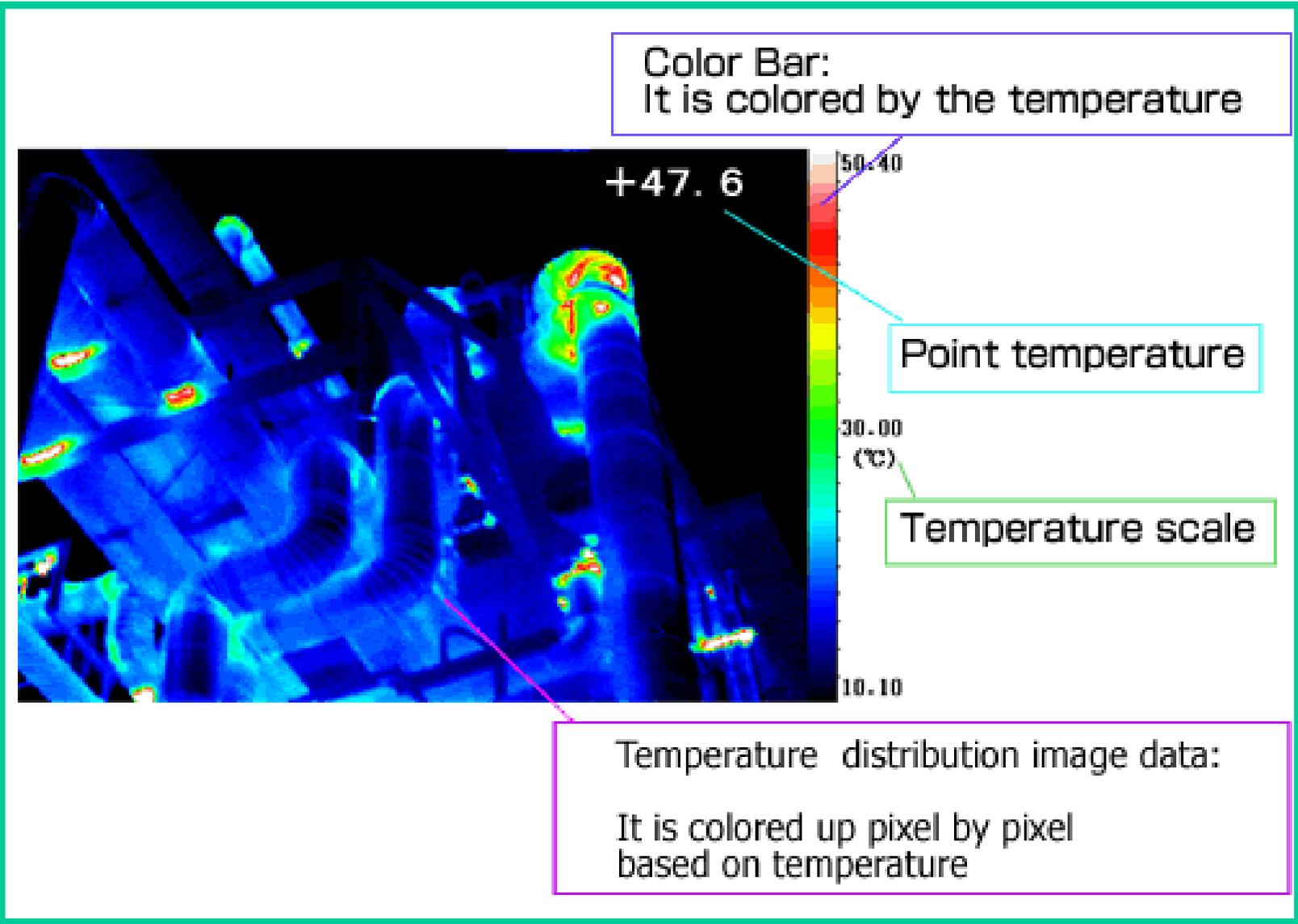


Quando dois corpos têm assinaturas diferentes, eles aparecem de maneira distinta na imagem térmica.



Representação Termografia

- I
e
c
r
h
A
t
c
Os
a
c

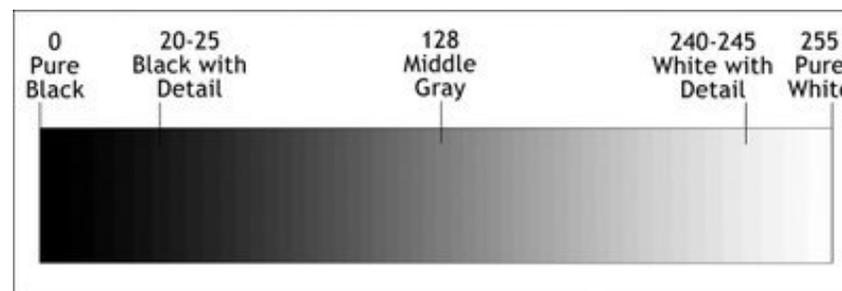
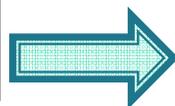
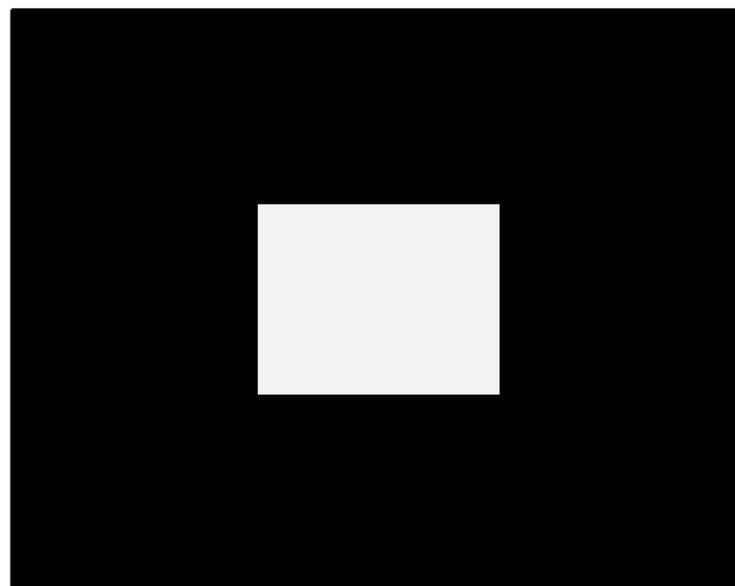
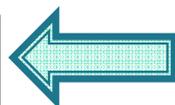


Visualizando um Arquivo

False-color

2,12 °C	2,07 °C	2,99 °C
2,99 °C	254,79 °C	2,99 °C
2,99 °C	2,99 °C	2,99 °C

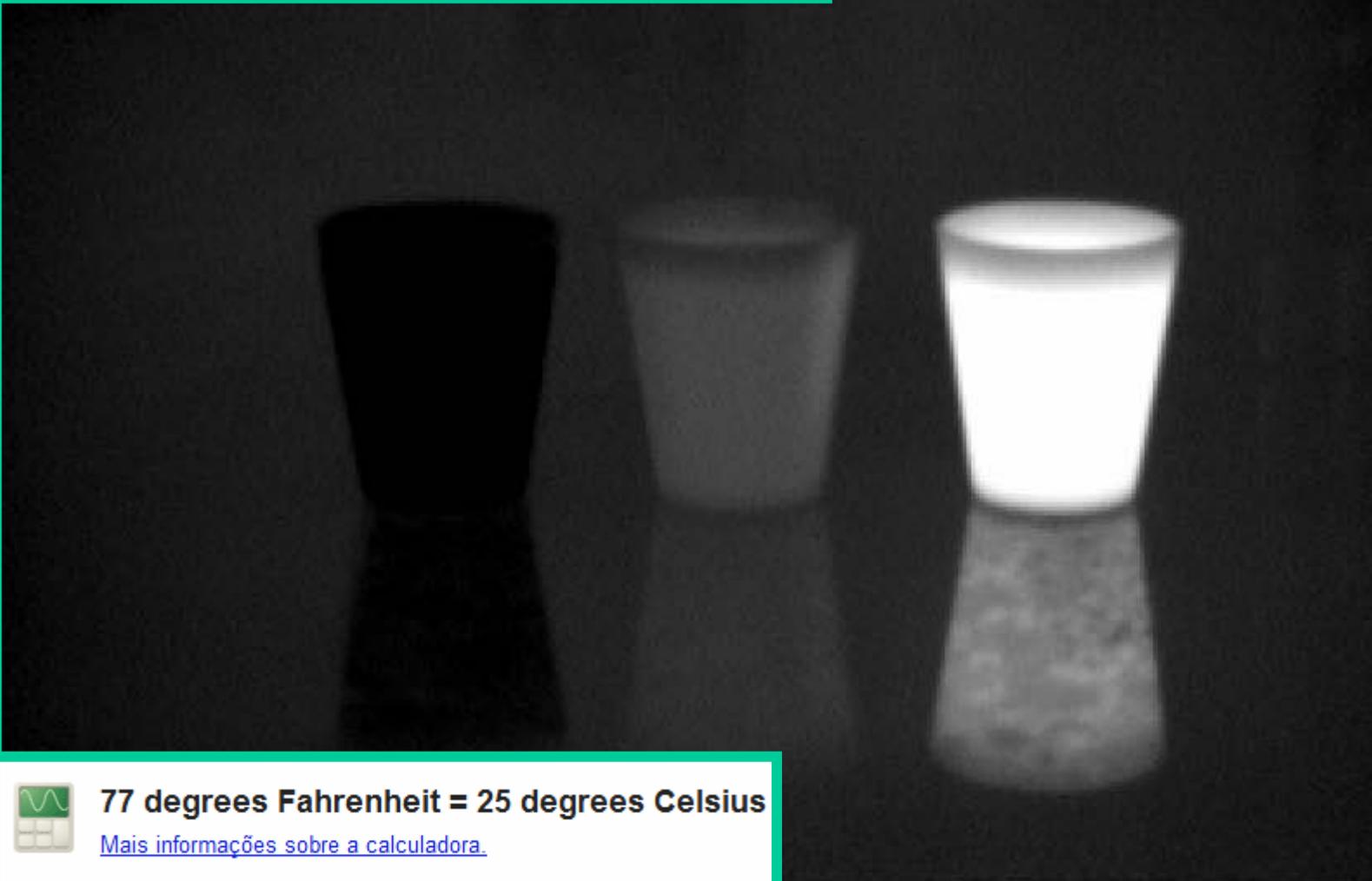
3x3





125 degrees Fahrenheit = 51.6666667 degrees Celsius

[Mais informações sobre a calculadora.](#)

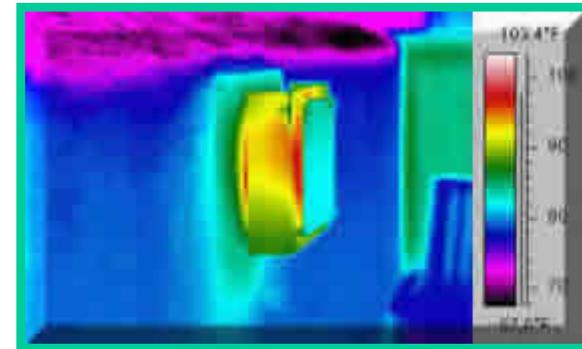


77 degrees Fahrenheit = 25 degrees Celsius

[Mais informações sobre a calculadora.](#)

°F

125
120
115
110
105
100
95
90
85
80

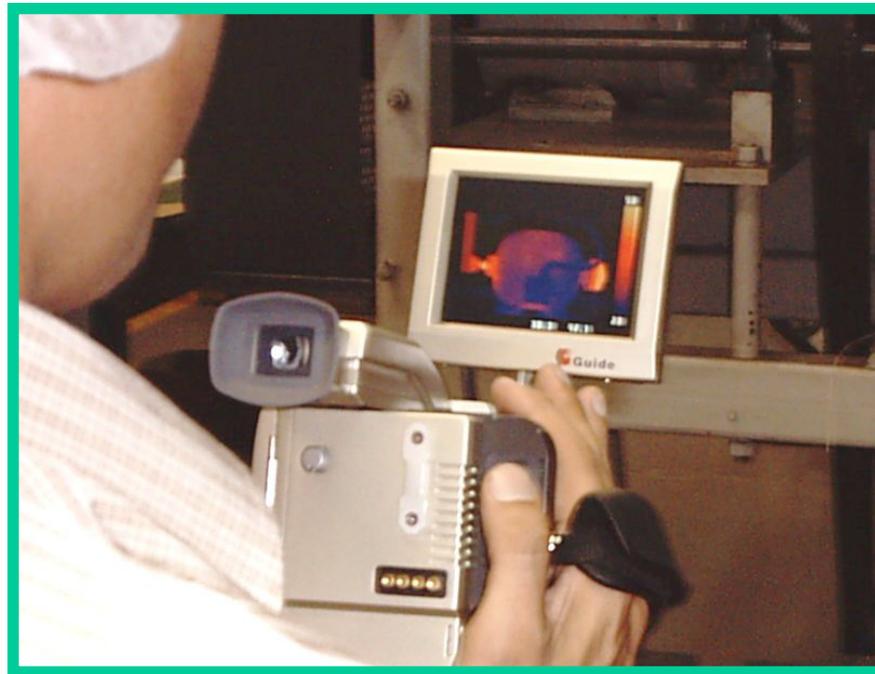


Aplicações



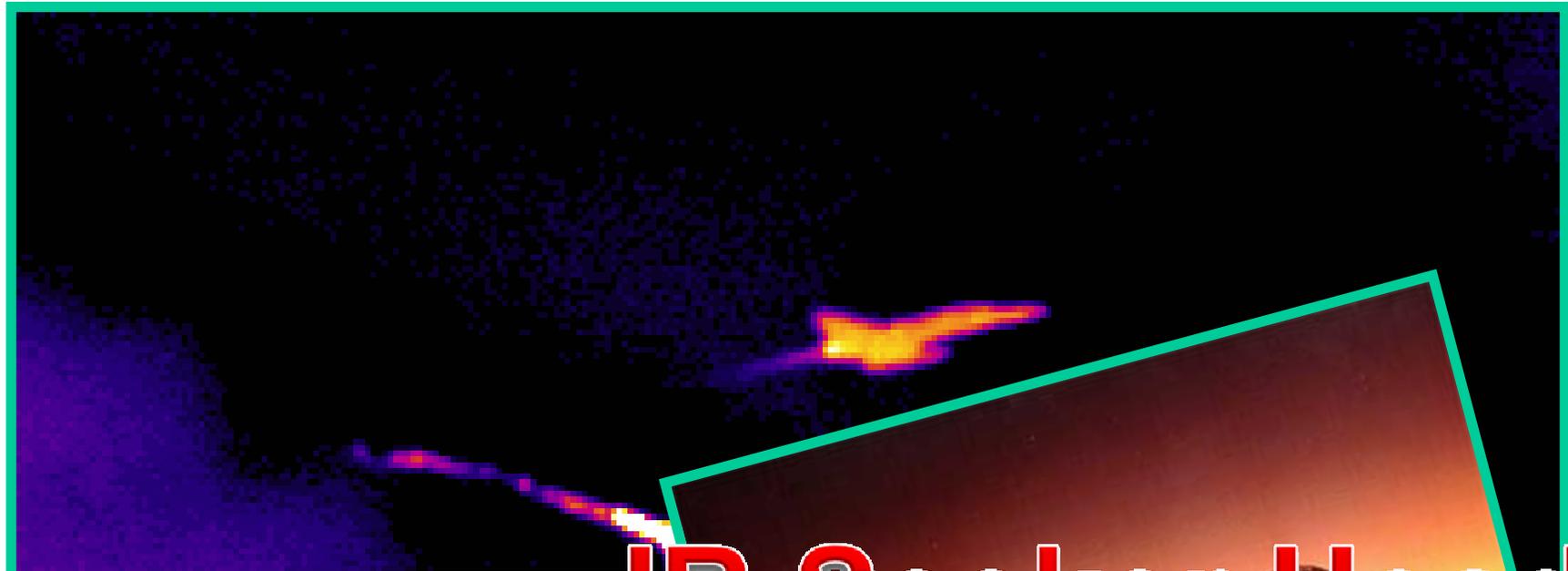
Aplicações

A maioria dos problemas encontrados na indústria são do tipo mecânico, elétrico ou de fluxo.

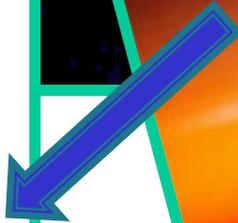


São precedidos por mudanças de temperatura que podem ser detectadas mediante o monitoramento da condição.

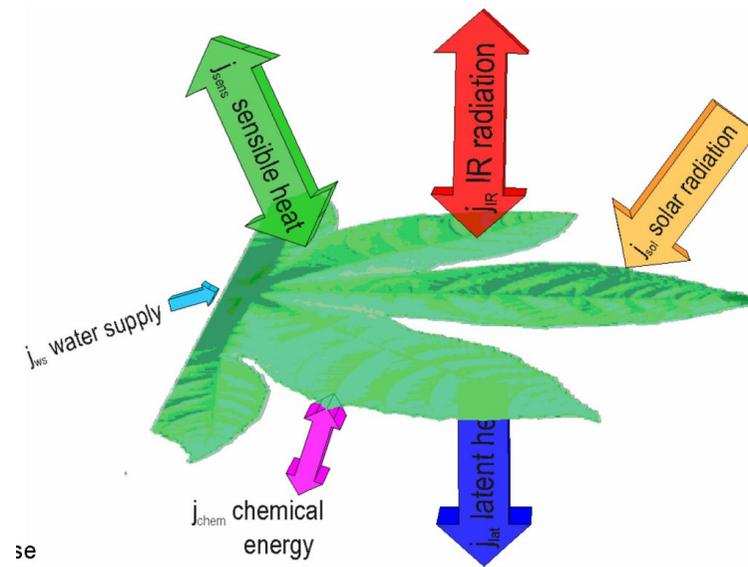
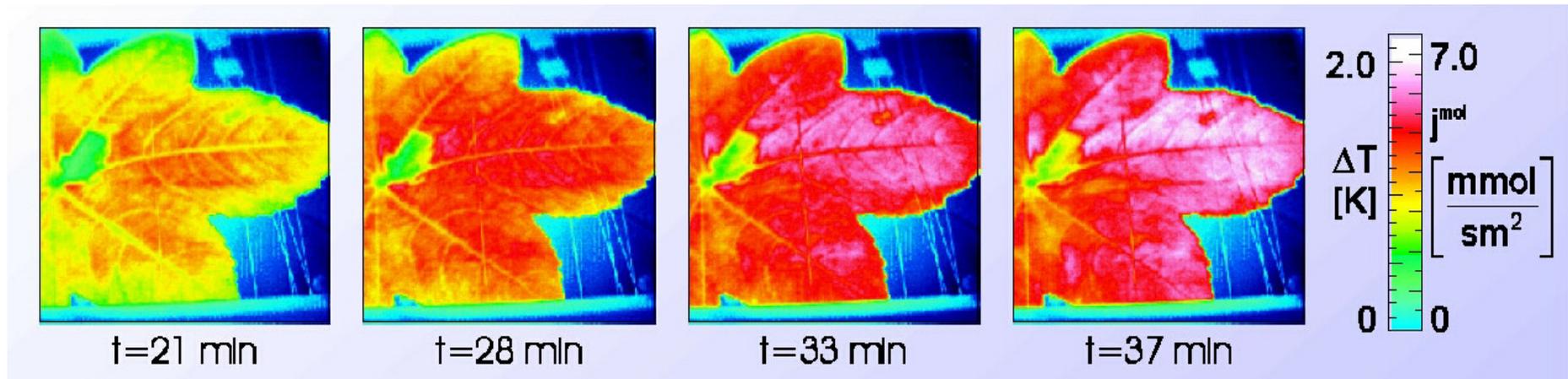
Warfare – Radar & Missiles



IR Seeker Head

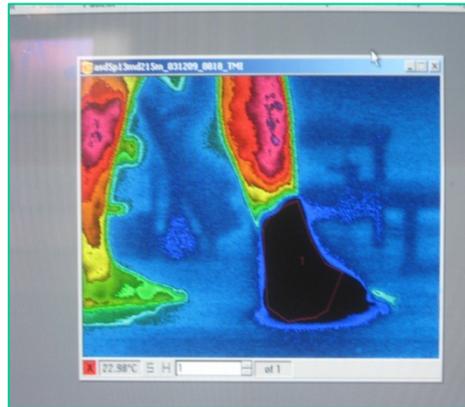
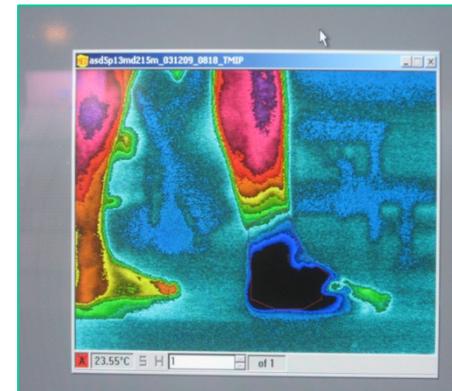
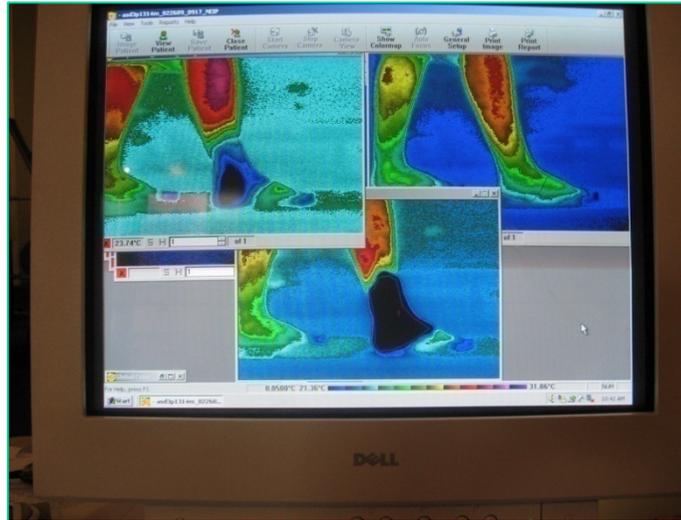
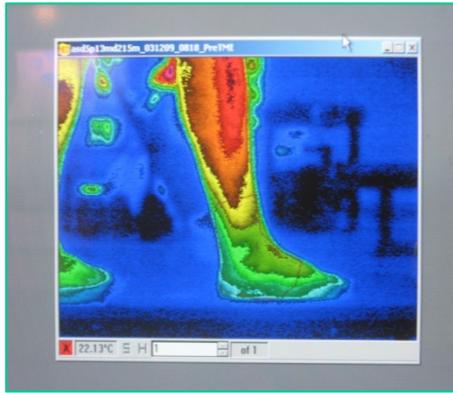
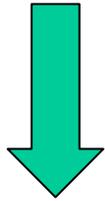


Botânica



Bombeiros & Resgates





medicina

RGB-D Vision

A visão RGB-D é um tópico de pesquisa emergente em visão computacional, com diversas aplicações em robótica, entretenimento, biometria, multimídia, realidade aumentada e condução autônoma

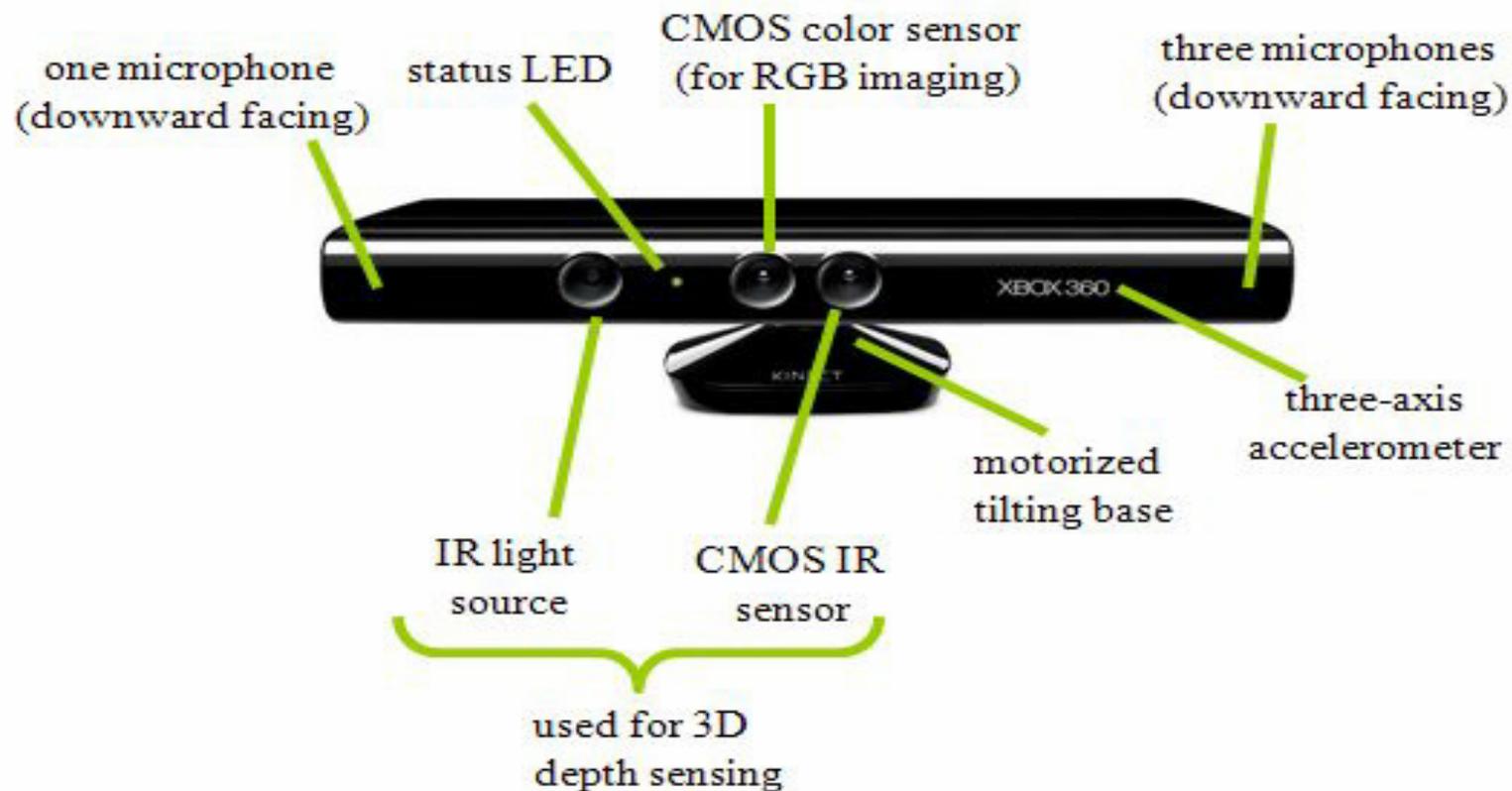
Em comparação com imagens 2D e dados 3D (incluindo **imagens de profundidade**, nuvens de pontos e malhas), as imagens RGB-D representam as informações fotométricas e geométricas de uma cena.

Câmeras de profundidade para consumidores de baixo custo (por exemplo, o **Microsoft Kinect v2**, o **Intel Realsense**, o **Orbbec Astra**) podem permitir que se faça aplicativos em tempo real devido à sua taxa de aquisição.

Nos últimos anos, um grande número de banco de dados RGB-D foi lançado publicamente para várias tarefas de visão.

Mas os dados RGB-D ainda representam desafios para a visão computacional devido ao ruído tipicamente alto e à baixa qualidade dos dados de profundidade recuperados.

Microsoft Kinect v2



imagens de profundidade

Depth Images : Sensor de profundidade 3D na câmera Kinect fornece a profundidade.

Informações de uma cena capturada como bidimensional (2D) + raio de pixels, mapa de profundidade ou imagem de profundidade.

Cada pixel no mapa de profundidade representa a sua distância a câmera.

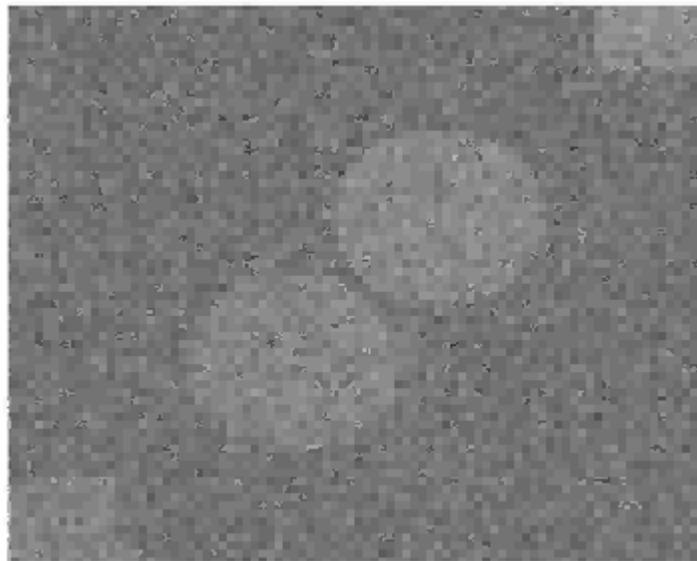
Para visualização da profundidade os valores são normalizados no intervalo de 0 a 255.

O sensor de profundidade na **câmera Kinect** só pode capturar a informação de distância entre 0,8 a 3,5 metros.

Se um pixel estiver fora desse intervalo, igualado a 0 (zero). Esses pixels podem ser visualizados como pontos pretos aleatórios no mapa de profundidade e devem ser adequadamente processados.

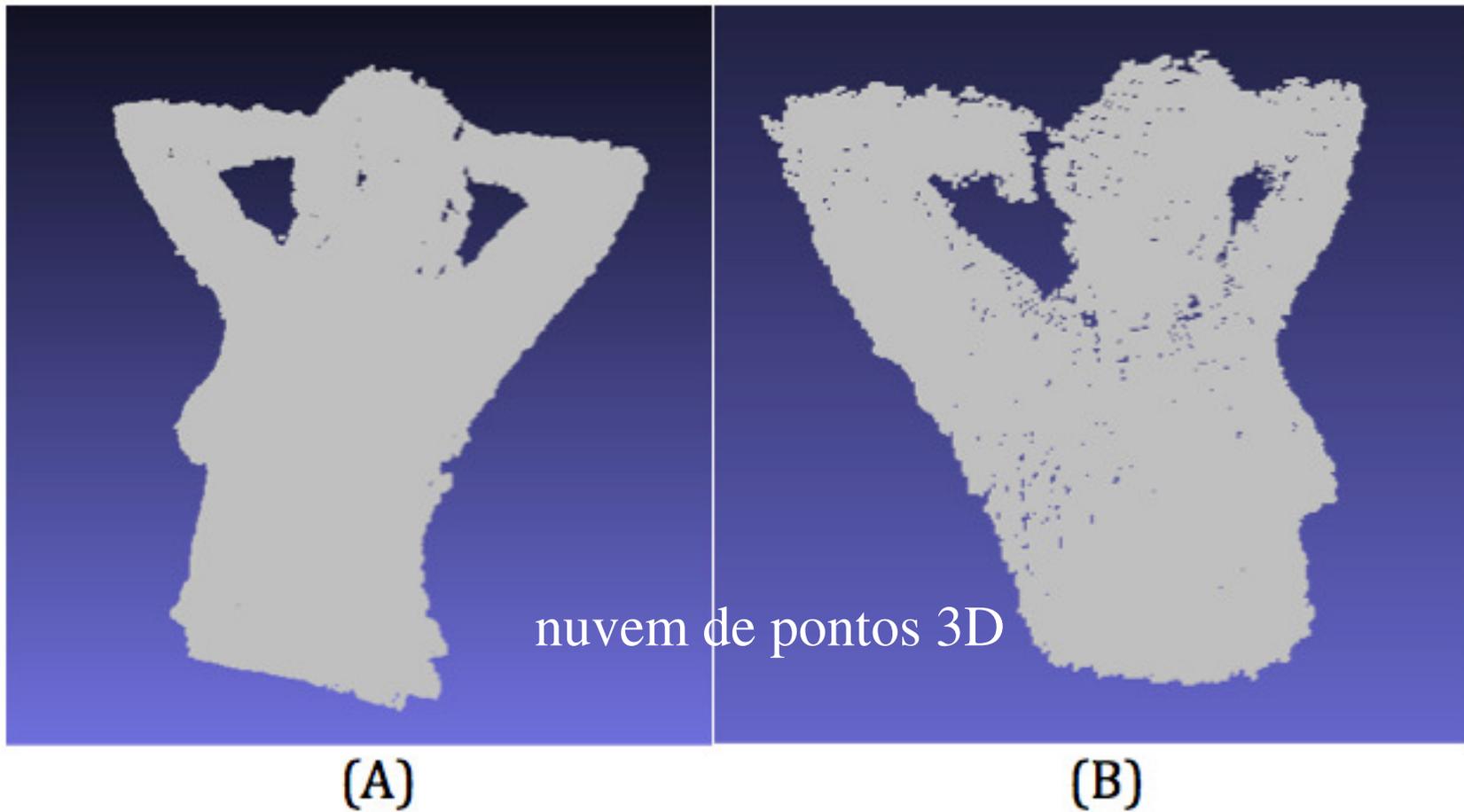
Por exemplo os pixels ausentes podem ser substituídos pelo vizinho mais próximo.

Exemplo pre processamento para retirada de ruidos



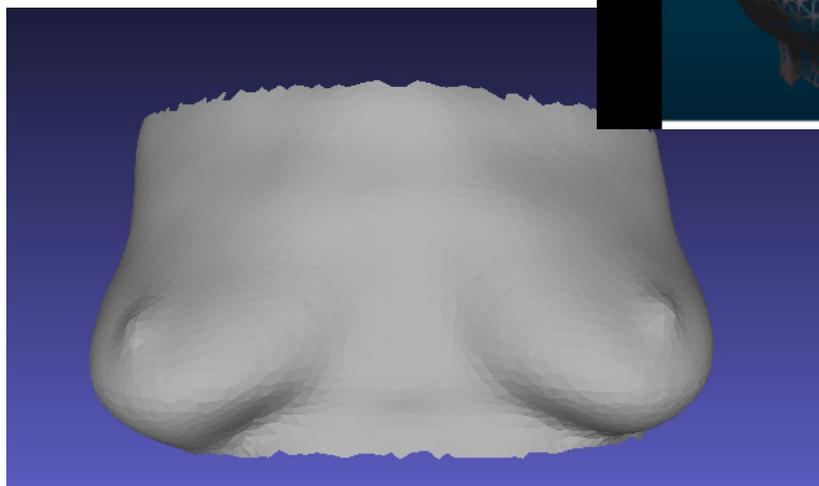
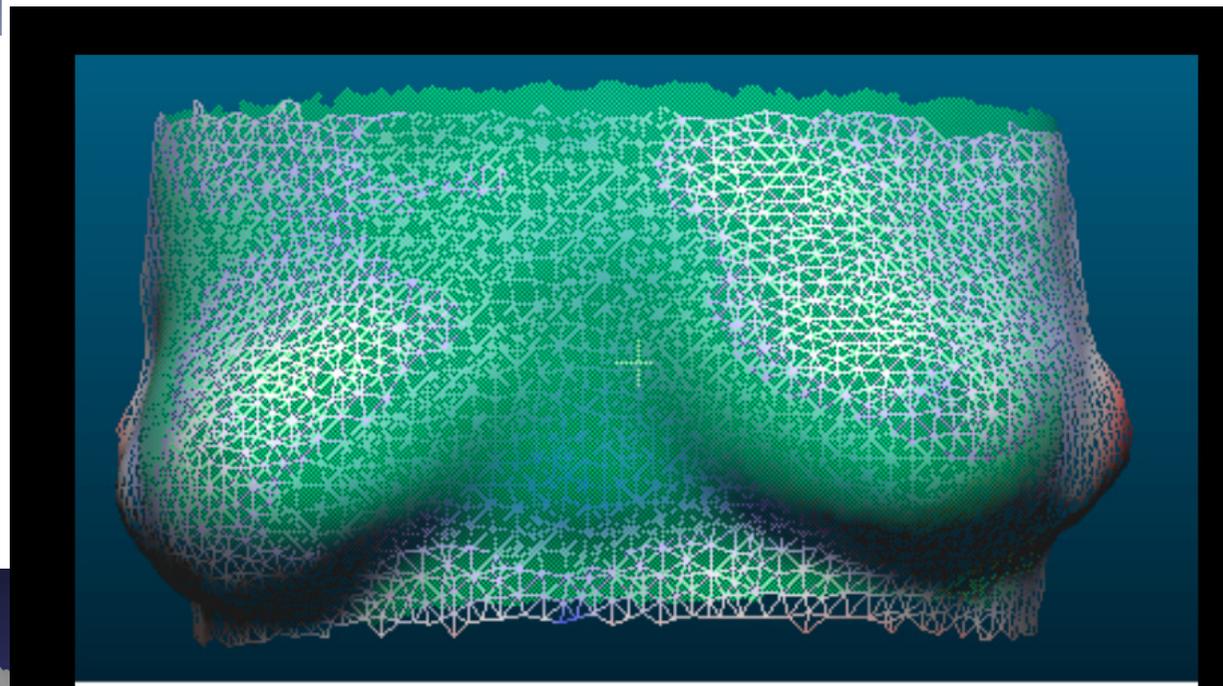
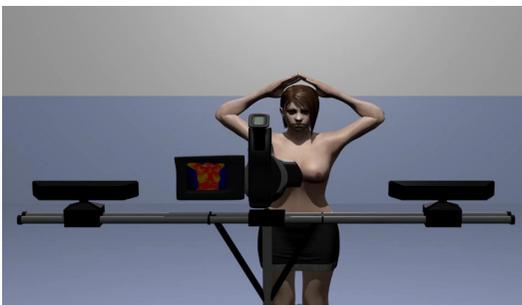
Unido diversas cenas para preencher as lagunas

3D Point cloud



(A)

(B)

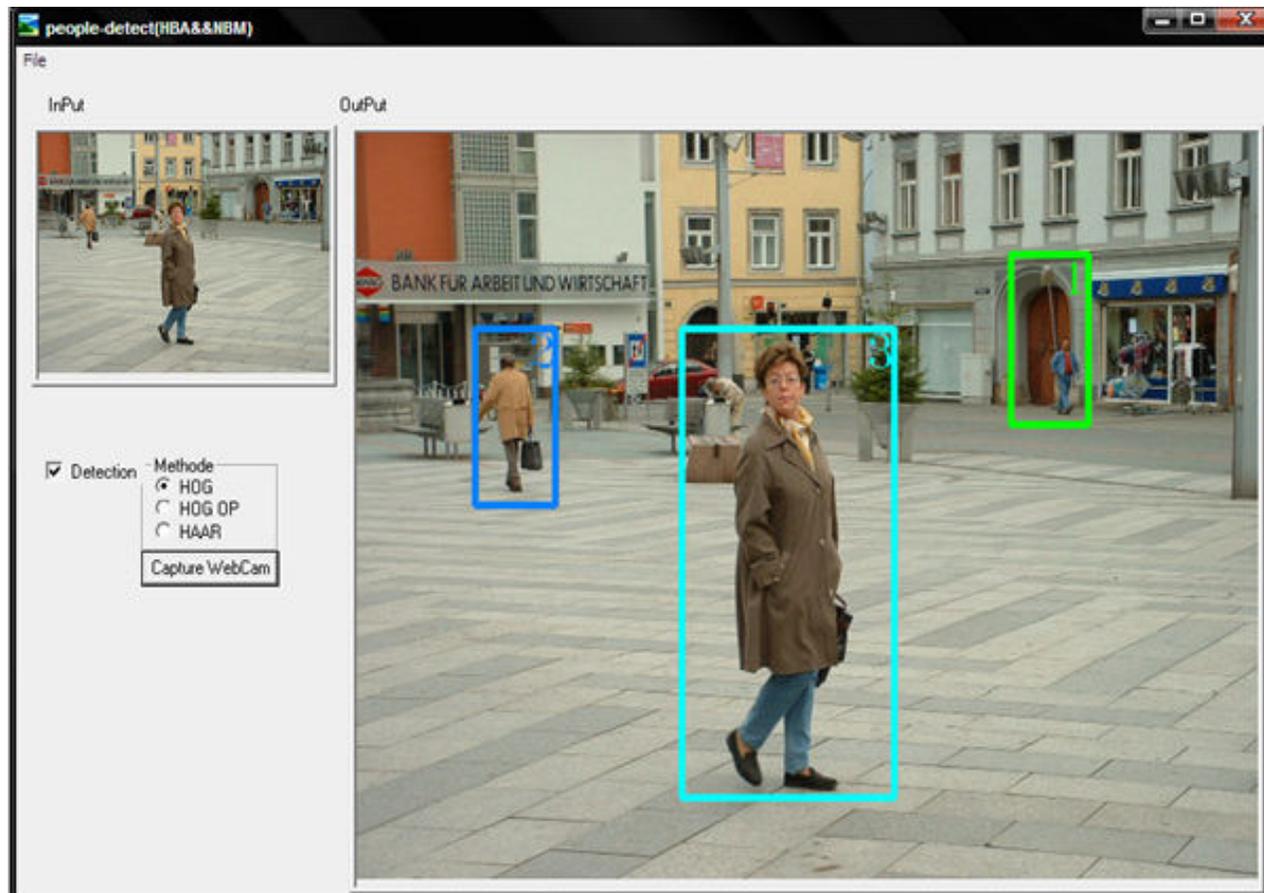


Nossas aplicações para
Medicina – reconstrução dos seios

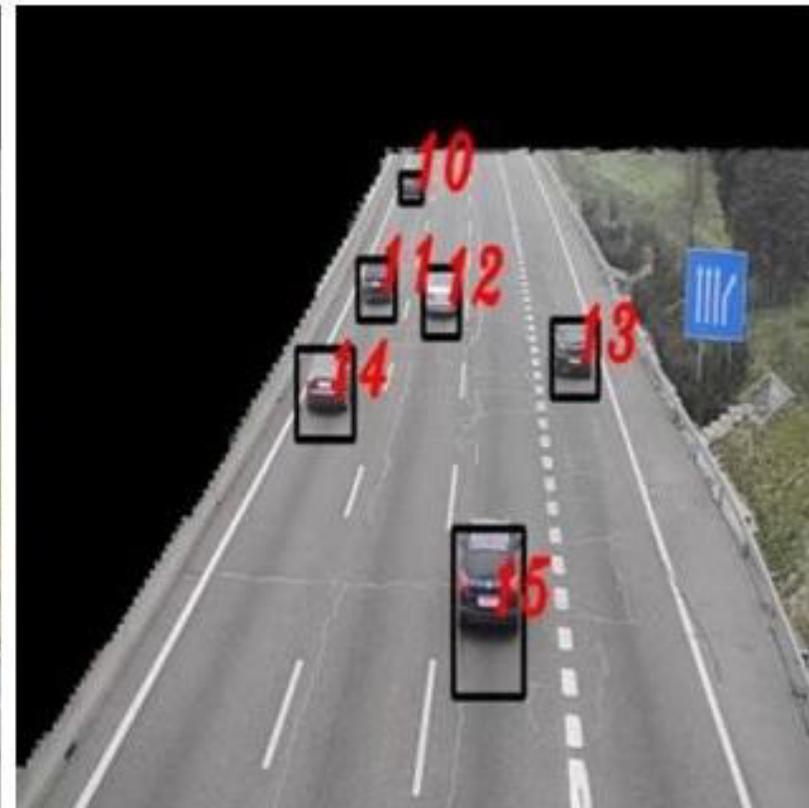
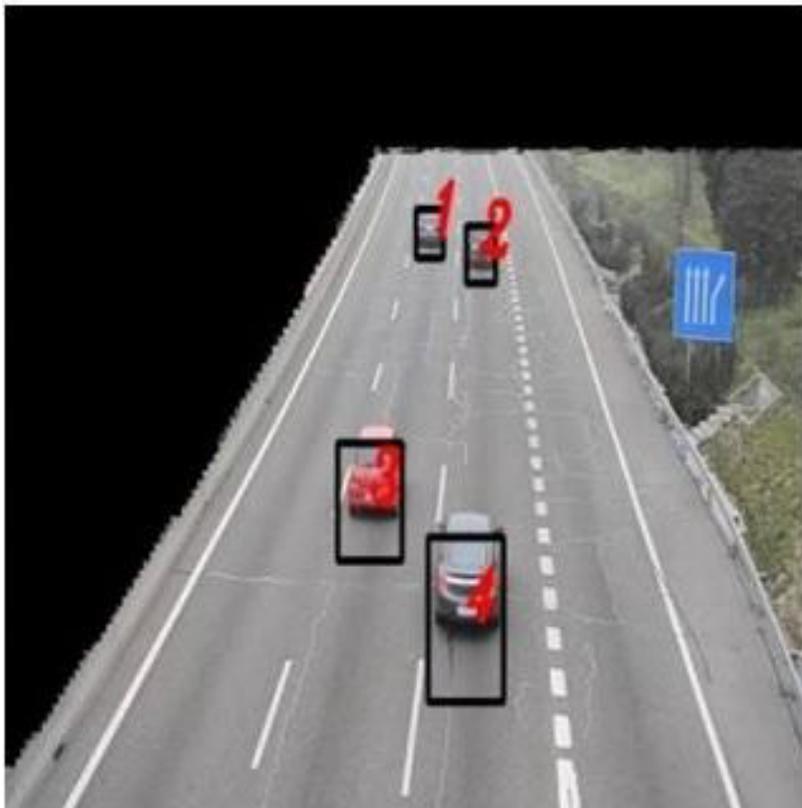
webcam or a camera de filmagem normal, video surveillance



Informação de cor desprezível



De o objetivo por verificar o
Movimento ou fazer contagem
Testar a velocidade, etc.

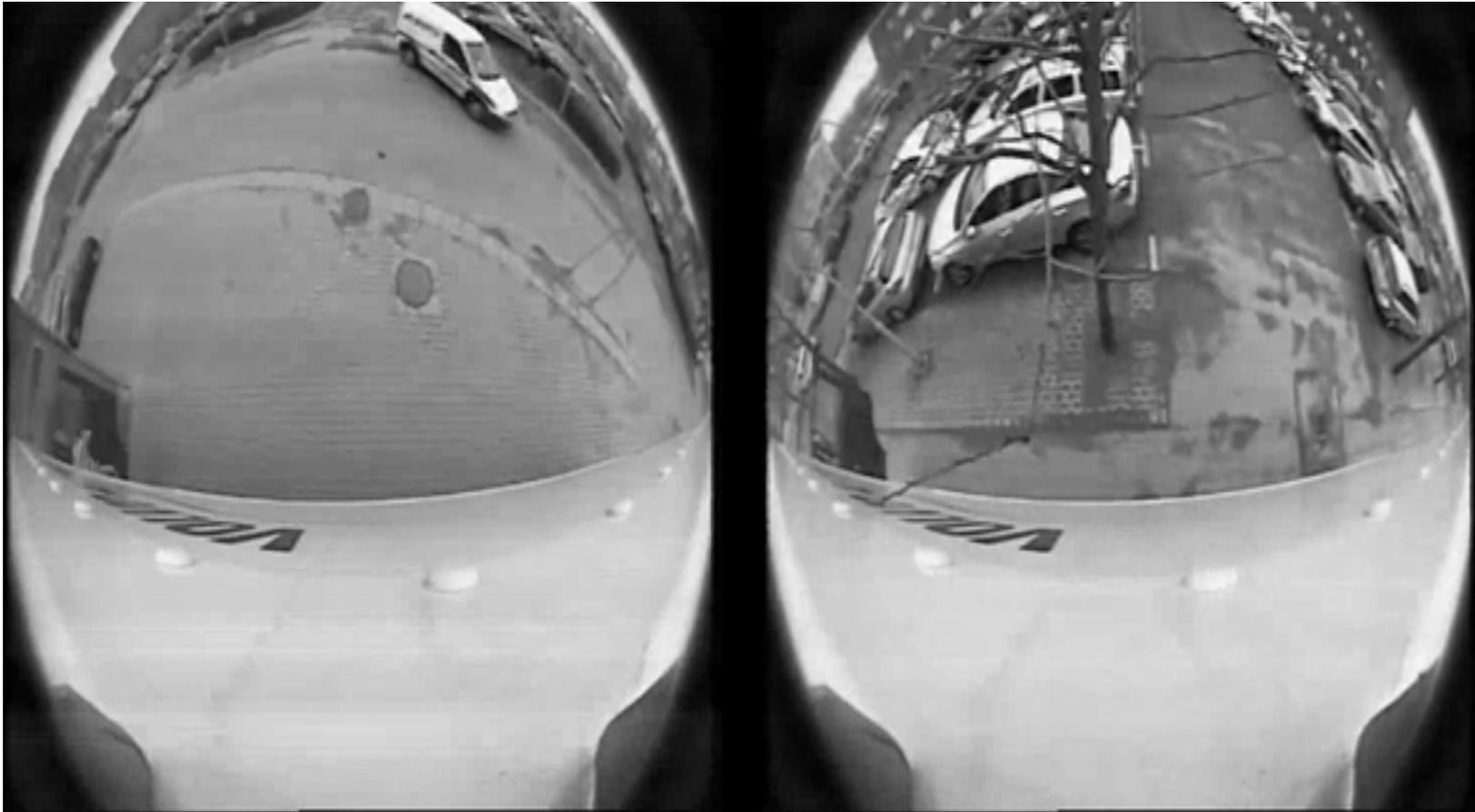


Cameras especiais (grande angular - wide- angle camera)

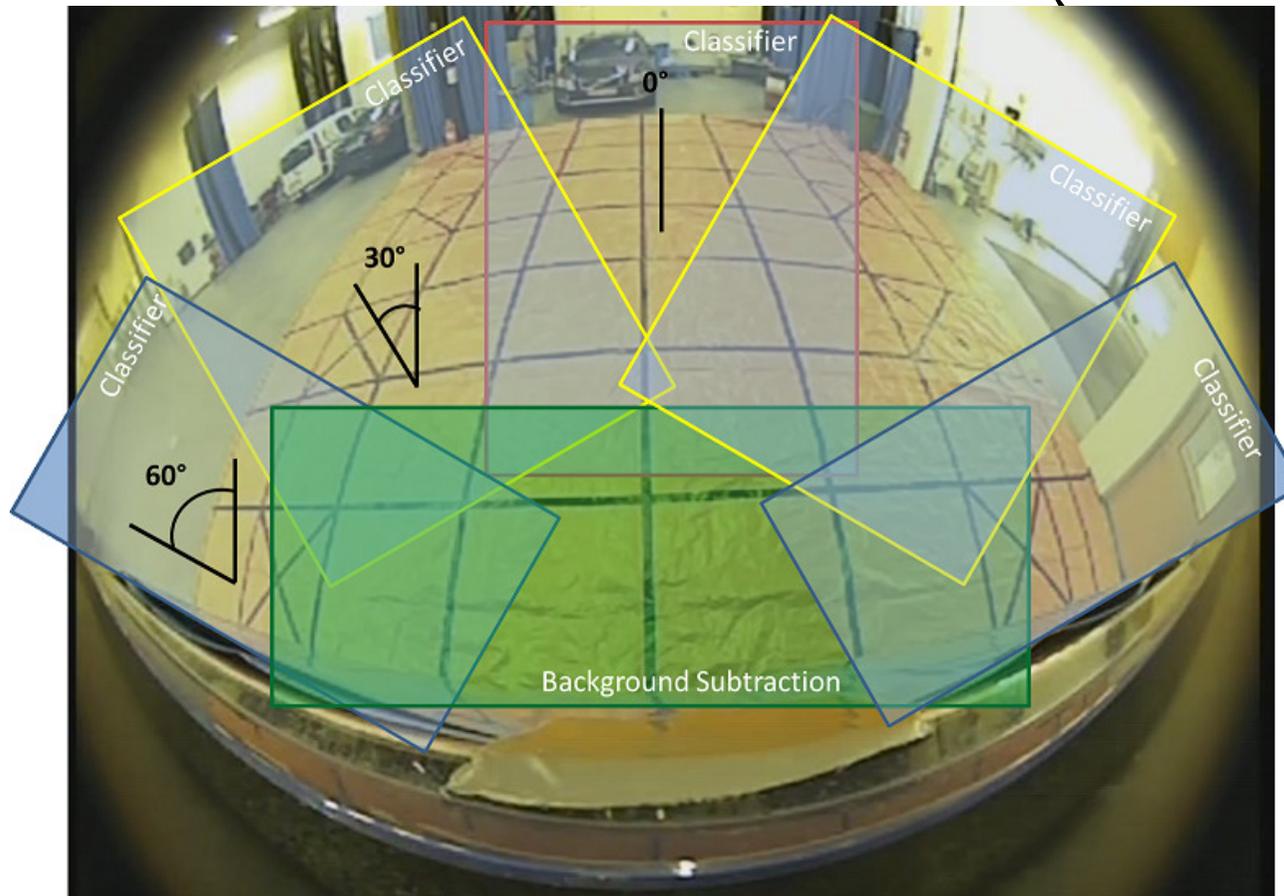
Canais RGB e
possíveis
distorções da
lente



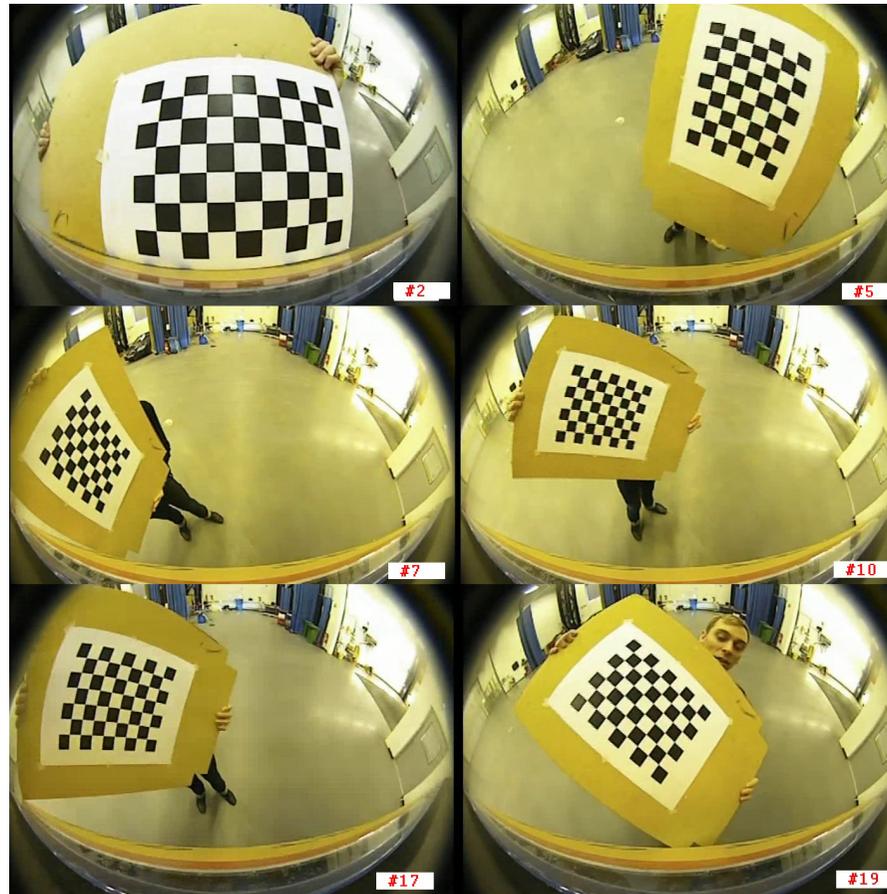
Apenas um dos canais
detecta a informação



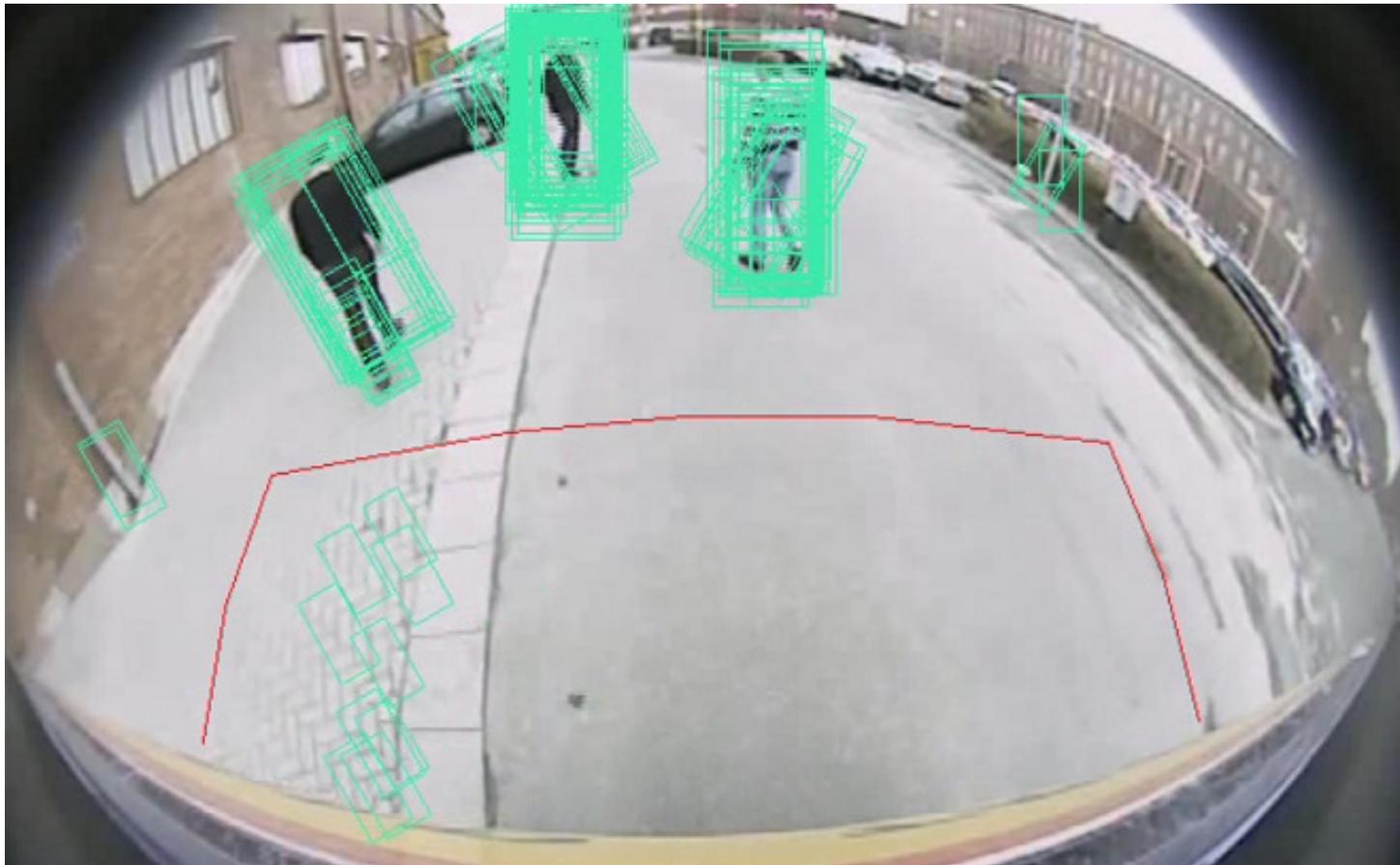
Mas pode precisar de
correções (pre-
processamento na



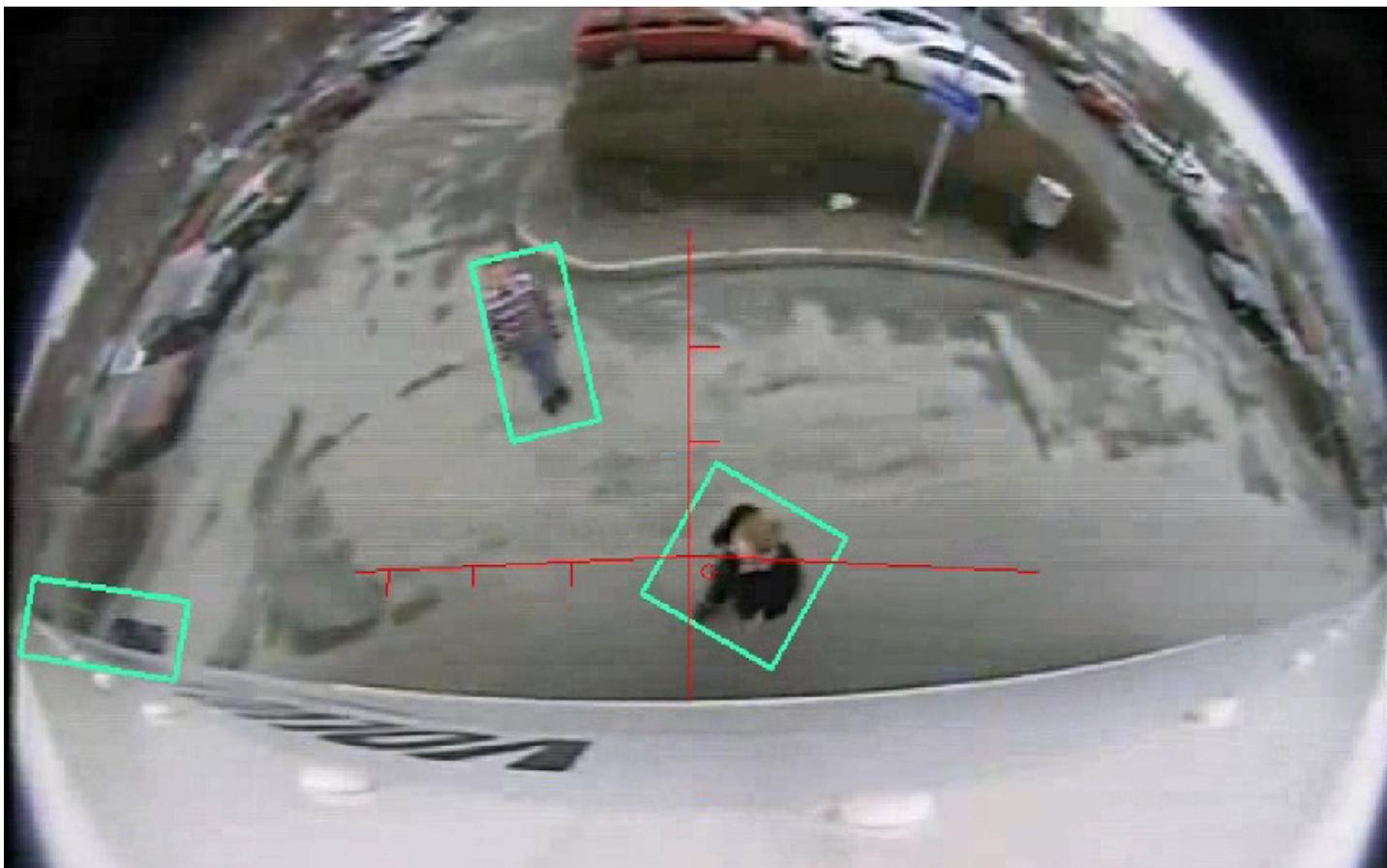
E calibração da camera



Pois a forma muda de acordo com a posição



Para tracking ou detecção



Visão noturna



NVG
Night Vision Goggles



Termografia é uma forma de visão noturna.



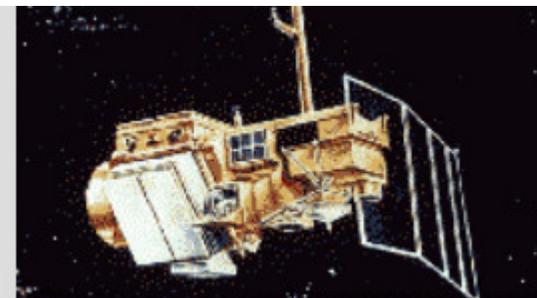
Nem toda visão noturna é termografia.

FLIR
Forward Looking IR



d e s

Os satélites LANDSAT 5 e 7



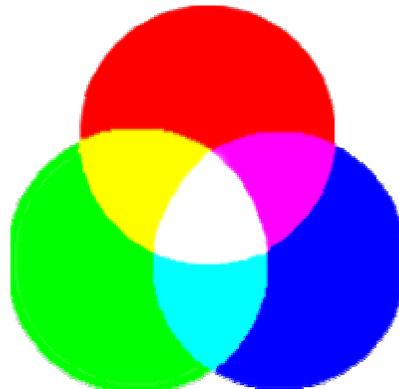
Banda	Intervalo espectral (μm)	Principais características e aplicações das bandas <i>TM</i> e <i>ETM</i> dos satélites LANDSAT 5 e 7
1	(0,45 - 0,52)	Apresenta grande penetração em corpos de água, com elevada transparência, permitindo estudos batimétricos. Sofre absorção pela clorofila e pigmentos fotossintéticos auxiliares (carotenóides). Apresenta sensibilidade a plumas de fumaça oriundas de queimadas ou atividade industrial. Pode apresentar atenuação pela atmosfera.
2	(0,52 - 0,60)	Apresenta grande sensibilidade à presença de sedimentos em suspensão, possibilitando sua análise em termos de quantidade e qualidade. Boa penetração em corpos de água.
3	(0,63 - 0,69)	A vegetação verde, densa e uniforme, apresenta grande absorção, ficando escura, permitindo bom contraste entre as áreas ocupadas com vegetação (ex.: solo exposto, estradas e áreas urbanas). Apresenta bom contraste entre diferentes tipos de cobertura vegetal (ex.: campo, cerrado e floresta). Permite análise da variação litológica em regiões com pouca cobertura vegetal. Permite o mapeamento da drenagem através da visualização da mata galeria e entalhe dos cursos dos rios em regiões com pouca cobertura vegetal. É a banda mais utilizada para delimitar a mancha urbana, incluindo identificação de novos loteamentos. Permite a identificação de áreas agrícolas.
4	(0,76 - 0,90)	Os corpos de água absorvem muita energia nesta banda e ficam escuros, permitindo o mapeamento da rede de drenagem e delineamento de corpos de água. A vegetação verde, densa e uniforme, reflete muita energia nesta banda, aparecendo bem clara nas imagens. Apresenta sensibilidade à rugosidade da copa das florestas (dossel florestal). Apresenta sensibilidade à morfologia do terreno, permitindo a obtenção de informações sobre Geomorfologia, Solos e Geologia. Serve para análise e mapeamento de feições geológicas e estruturais. Serve para separar e mapear áreas ocupadas com <i>pinus</i> e <i>eucalipto</i> . Serve para mapear áreas ocupadas com vegetação que foram queimadas. Permite a visualização de áreas ocupadas com macrófitas aquáticas (ex.: aguapé). Permite a identificação de áreas agrícolas.
5	(1,55 - 1,75)	Apresenta sensibilidade ao teor de umidade das plantas, servindo para observar estresse na vegetação, causado por desequilíbrio hídrico. Esta banda sofre perturbações em caso de ocorrer excesso de chuva antes da obtenção da cena pelo satélite.
6	(10,4 - 12,5)	Apresenta sensibilidade aos fenômenos relativos aos contrastes térmicos, servindo para detectar propriedades térmicas de rochas, solos, vegetação e água.
7	(2,08 - 2,35)	Apresenta sensibilidade à morfologia do terreno, permitindo obter informações sobre Geomorfologia, Solos e Geologia. Esta banda serve para identificar minerais com íons hidroxilas. Potencialmente favorável à discriminação de produtos de alteração hidrotermal.

áreas	peculiaridades
I.V.	<p>It includes radiation with wave lengths 0.75 μm a 1.0 mm.</p> <p>I.V. radiation is absorbed easily by most of the substances (heating effect).</p>
Visível	<p>Radiation capable to produce the vision sensation for human eye.</p> <p>Small variation of wave length (380 to 750 nm).</p> <p>Important for correlation with the visual human experience</p>

The color sensations noticed by humans are combination of the intensities received by **3 types of cells cones.**

Combination of the **3 primary colors** produces the others

In the video: R=700 nm,
G = 546,1 nm, B=435,1 nm.



Primarias aditivas

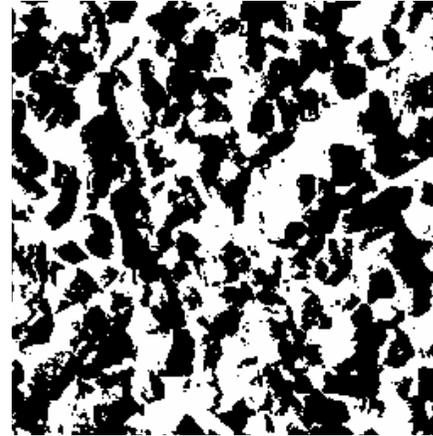
Digital images

Monocromatic : **one color channel or one band.**

binary image:

each pixel only

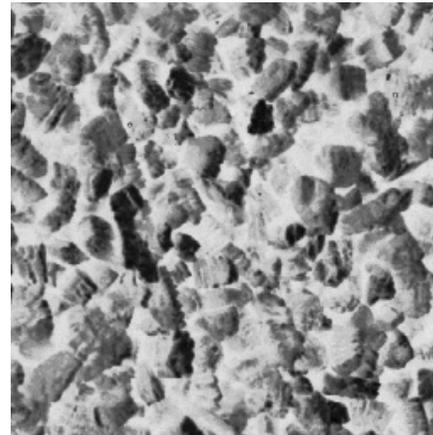
0 or 1 values.



intensity level (grey level):

each pixel one value

from 0 to 255.



medical images

Multiband images: n band value for each pixel.

examples:

color images (>3)

sattelite images

color images



each pixel 3 values (from 0 to 255)

3 bands: Red - Green -Blue.



Band 1



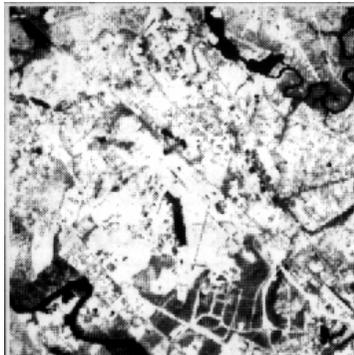
Band 2



Band 3



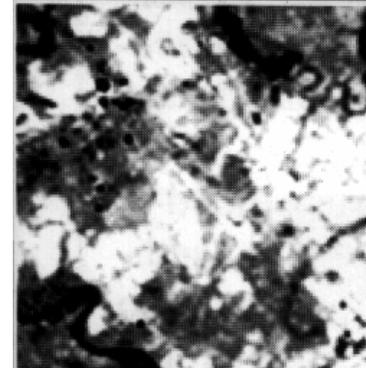
Band 4



Band 5



Band 6



Band 7

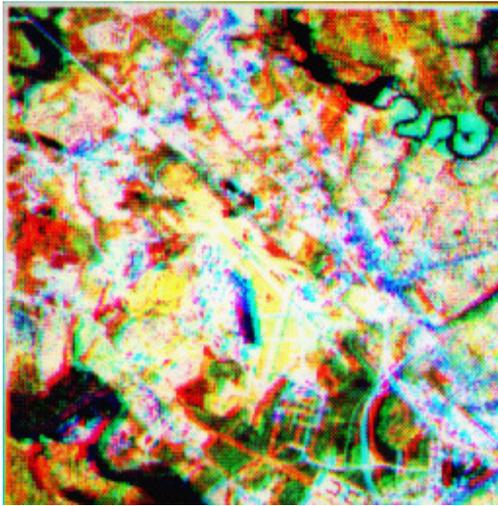


example : a Landsat-7 image is a collection of 7 images of same scene

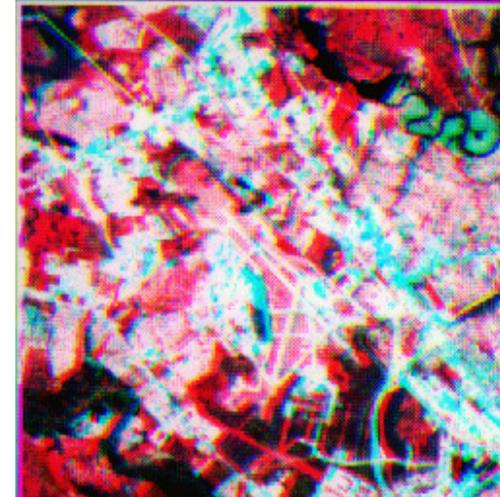
sensor characteristics	TM	HRV	AVHRR
spacial resolution	30 m 120 m (Band 6)	20 m (Band 1 a 3) 10 m (Pan)	1.1 Km (nominal)
spectral Bands (micro meters)	Band 1 - 0.45-0.52 Band 2 - 0.52-0.60 Band 3 - 0.63-0.69 Band 4 - 0.76-0.90 Band 5 - 1.55-1.75 Band 6 - 10.74-12.5 Band 7 - 2.08-2.35	Band 1 - 0.50-0.59 Band 2 - 0.61-0.68 Band 3 - 0.79-0.89 Pan - 0.51-0.73	Band 1 - 0.58-0.68 Band 2 - 0.725-1.1 Band 3 - 3.55-3.93 Band 4 - 10.30-11.30 Band 5 - 11.50-12.50
Radiometric resolution	8 bits	8 bits (1-3) 6 bits (Pan)	10 bits
Temporal resolution	16 days	26 days	2 times a days

Multispectral false color :

1, m, n Bands to Red, Green and Blue.



Band 4 (R), 5 (G), 3 (B)

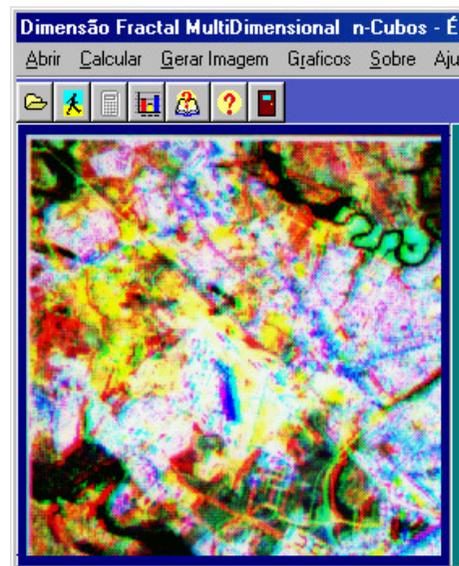
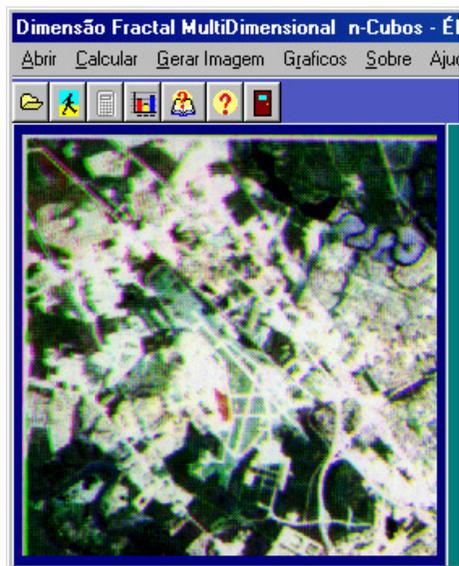


Band 4 (R), 3 (G), 2 (B)

Possíveis Resultados de combinações de cores possíveis

colored images

satellite images



Segmentação

O processo de **segmentação** consiste em dividir uma imagem em **regiões** que possuem o **mesmo conteúdo** no contexto de uma aplicação.

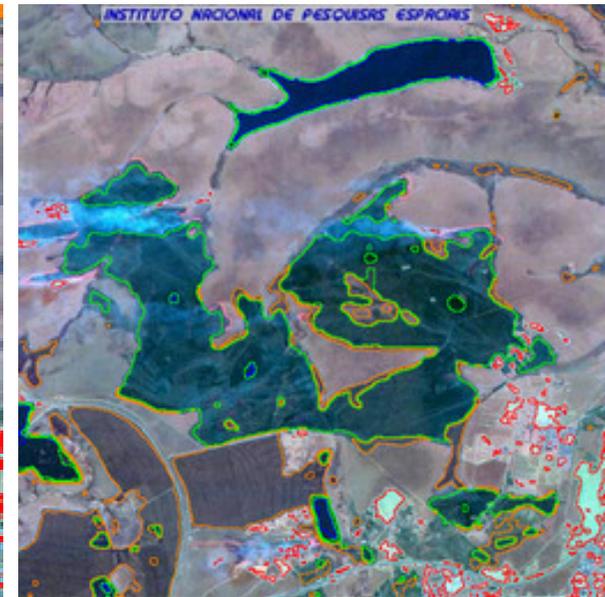
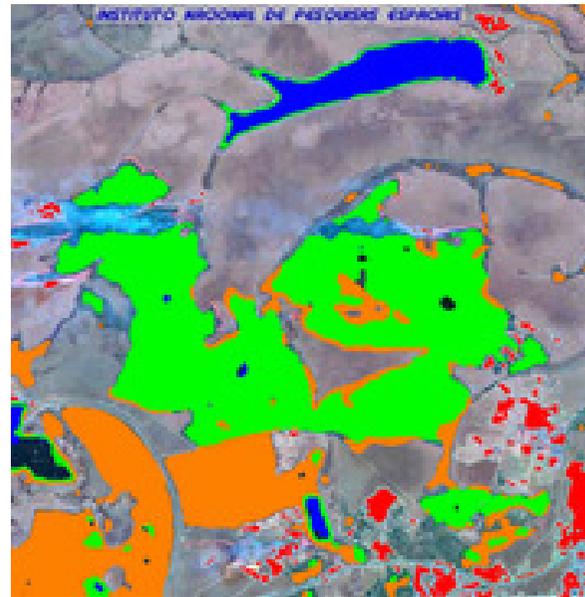
A segmentação pode ser **baseada em:**

- **descontinuidades;**
- **similaridades**

dos diferentes aspectos da imagem.

Aerial or Landsat satellite images

Original,
interior segmentation and only boundaries segmentation



outros exemplo de trabalhos com imagens

Segmentação por cor e textura de imagens de mais complexas como:

De uma banda

Ultrasson - US;

Ressonância - RM

Tomografia – CT

Outras(PECT, SPECT, EEG, EMG, Térmicas – IR)

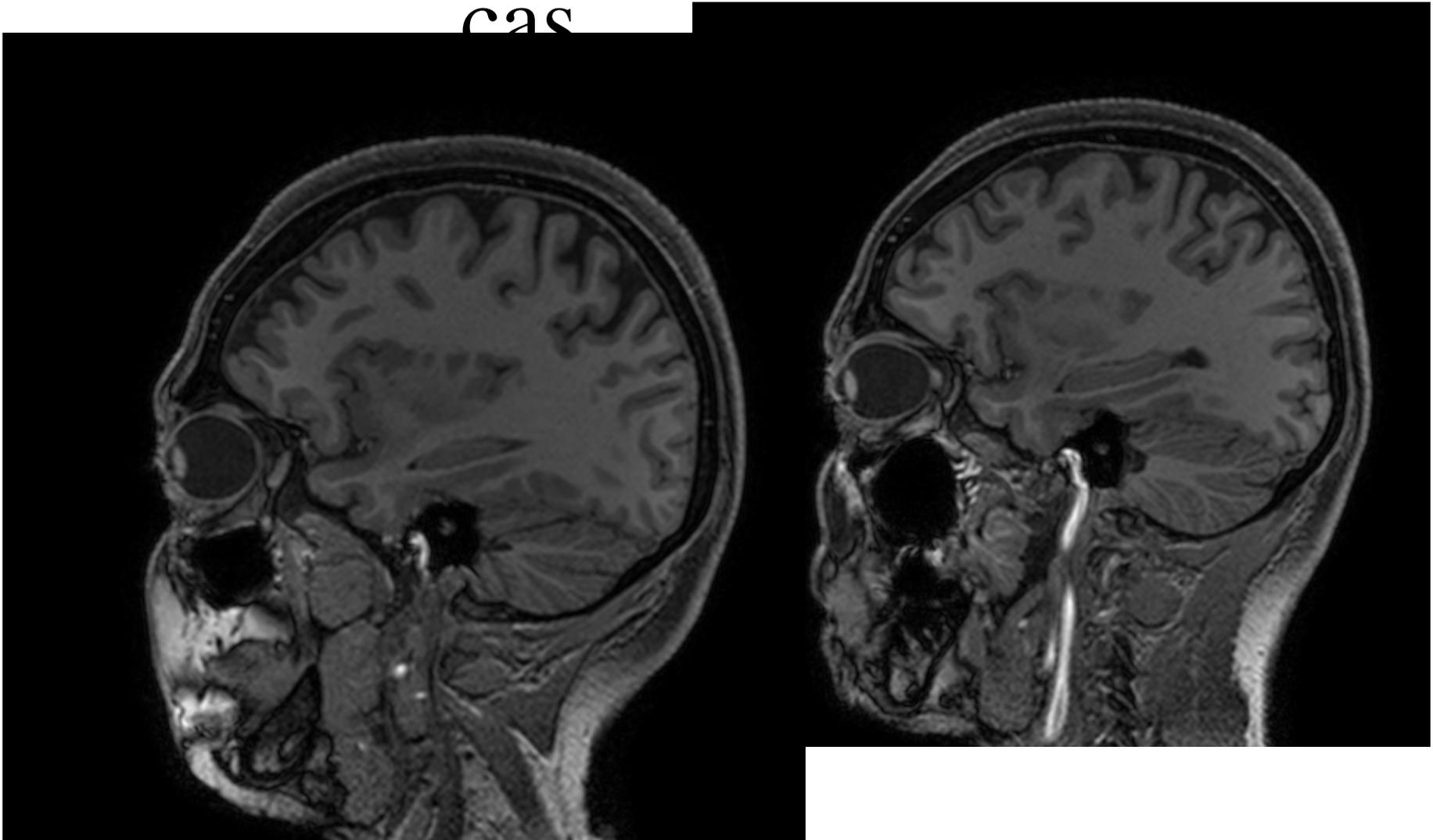
Multibandas

Satélites

Térmicas

image
ns
medi
cas

Fatias 110 e 132 - RM

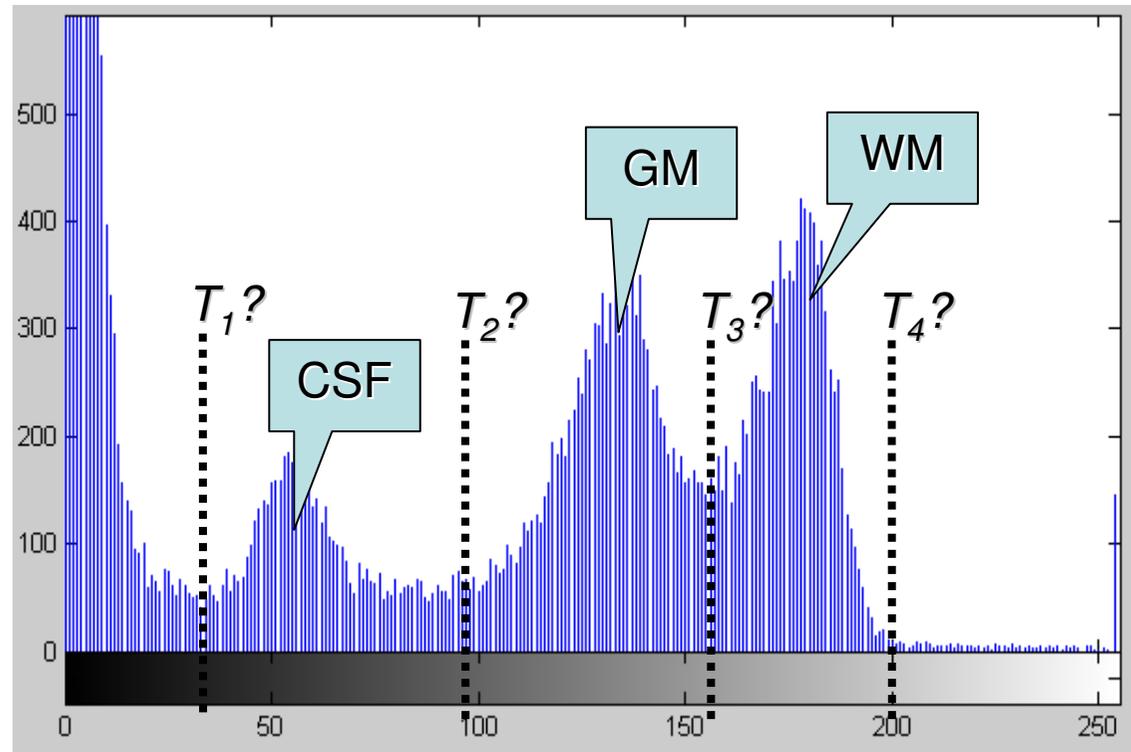


Experimentação

Seção RM do Crânio



Histograma



Estruturas do encéfalo:
CSF: líquido
GM: subst. cinzenta
WM: subst. branca

$T_n?$ → Nível teórico de
limiarização de cada
estrutura

Fonte: Projeto *Brainweb*

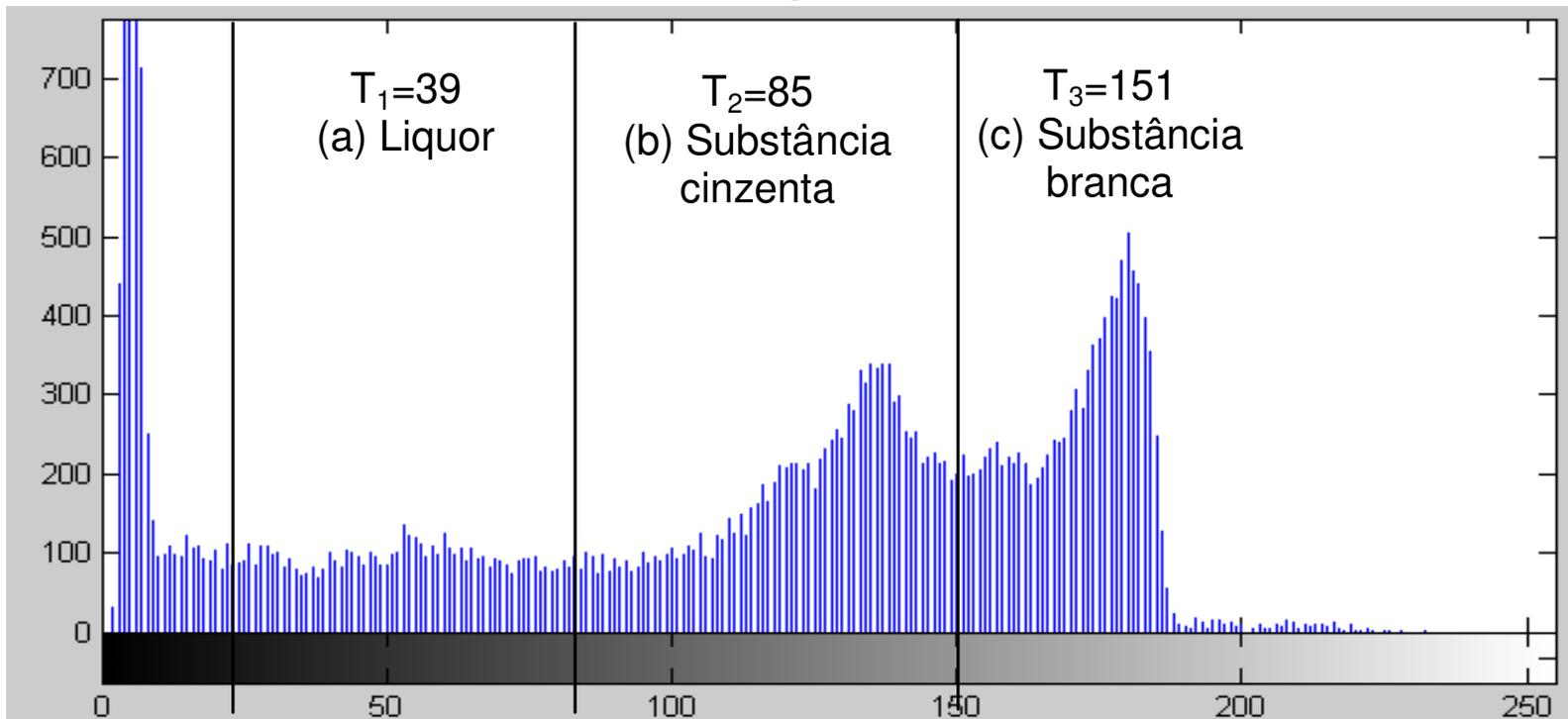
<http://brainweb.bic.mni.mcgill.ca/brainweb/>

Segmentação utilizando método de Otsu:

Considerações:

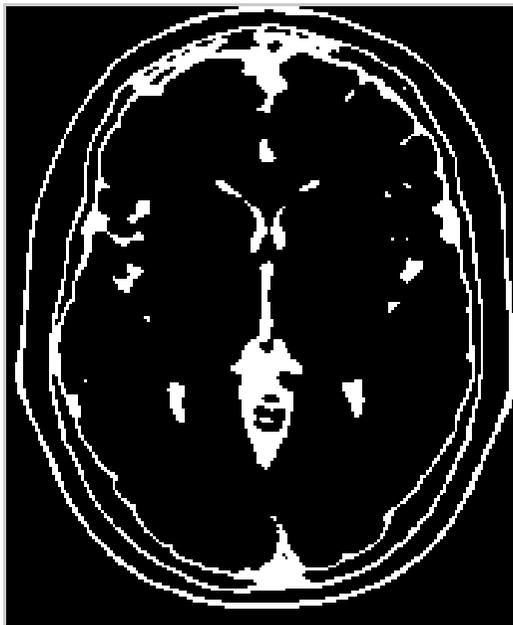
Três níveis de limiarização T_1 , T_2 e T_3

Histograma



comparação dos Resultados

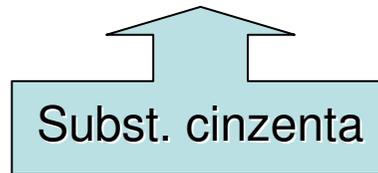
Imagens binárias geradas pela segmentação por limiarização, utilizando os níveis encontrados pelo método de Otsu:



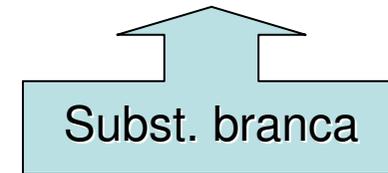
(a)



(b)



(c)



Unir as áreas para calcular volumes

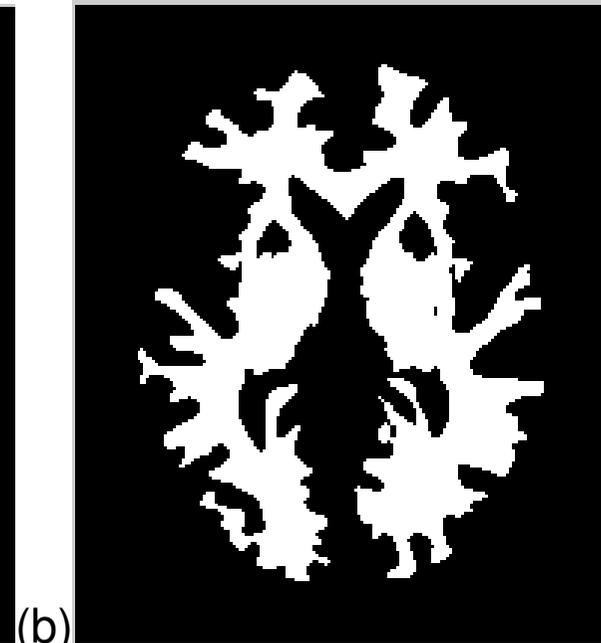
Considerando a conectividade das regiões:



Líquor



Subst. cinzenta



Subst. branca

Imagens binárias geradas pela segmentação por limiarização, utilizando os níveis encontrados pelo método de Limiarização em Multiníveis de Niblack:

Os resultados encontrados através da aplicação do algoritmo de Niblack para seleção dos limites de cada região (segmentação) foram: $T_1 = 39$, $T_2 = 77$, $T_3 = 149$.



Líquor



Subst. cinzenta



Subst. branca

Limiarização Automática (*Thresholding*) baseada no histograma

O método mais simples (e mais caro computacionalmente) de calcular automaticamente o *threshold* é o **método iterativo**.

Este método é descrito por:

1. **Selecione** um tom T_i inicial (entre o valor da intensidade mínima e máxima da imagem.)
2. **Segmente** imagem usando T_i . Isto é, divida-a em **dois grupos**: (G1) formado com os pixels cujos valores são $> T$ e (G2) com os pixels com tons $< T$.
3. Calcule a **intensidade média** dos grupos: μ_1 e μ_2
4. Calcule o **novo threshold**: $T_{i+1} = \frac{1}{2} (\mu_1 + \mu_2)$
5. Repita os passos **2 até 4** até que $T_{i+1} - T_i < \epsilon$ (parâmetro pré-definido)

Método de Otsu

A operação de limiarização é considerada como sendo o particionamento da imagem com L níveis de cinza em duas classes C_0 e C_1 , que representam o **objeto** e o fundo, ou vice-versa, sendo que esta partição se dará no **nível de cinza t** , *que maximiza a razão da variância entre as classes e a variância total*

C_0 = pixels da imagem com tons de 0 a t

C_1 = pixels da imagem com tons de t a l

Método de Otsu para escolher o melhor *threshold*: T .

Se baseia no **histograma normalizado** (da imagem)., que pode ser visto como uma função de **densidade de probabilidade discreta**

(histograma normalizado)

$$p_r(r_q) = \frac{n_q}{n}, q = 0, 1, 2, \dots, L - 1$$

onde n é o número total de píxeis na imagem, n_q é o número de píxeis que tem intensidade r_q

O **método de Otsu** escolhe o threshod de valor T *que maximiza*:

$$\sigma_B^2 = \omega_0(\mu_0 - \mu_T)^2 + \omega_1(\mu_1 - \mu_T)^2$$

$$\sigma_B^2 = \omega_0(\mu_0 - \mu_T)^2 + \omega_1(\mu_1 - \mu_T)^2$$

onde,
$$w_0 = \sum_{q=0}^{k-1} p_q(r_q)$$

$$w_0 = \sum_{q=k}^{L-1} p_q(r_q)$$

$$m_I = \sum_{q=k}^{L-1} qp_q(r_q)/\omega_1$$

$$m_0 = \sum_{q=k}^{L-1} p_q(r_q)$$

$$m_T = \sum_{q=0}^{L-1} qp_q(r_q)$$

Métodos de Limiarização

• <https://www.youtube.com/watch?v=qoB9cBeVUPA>

Principais Métodos Automáticos :

1. Limiarização por equilíbrio do histograma;
- 2. Limiarização em multiníveis de Otsu;**
- 3. Limiarização em multiníveis de Niblack;**
- 4. Entropia máxima;**
- 5. Limiarização em multiníveis de Rosin.**
- 6. Busque mais alguns:**

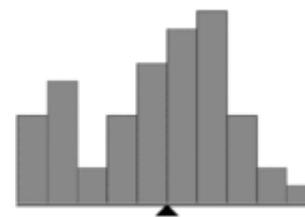
A **limiarização por equilíbrio do histograma** é muito simples e automático.

Na mesma linha do método de **Otsu** é baseado no histograma da imagem: assumindo que a imagem se divide em duas classes: o fundo e o objeto.

Procura encontrar o nível de limiarização *pesando* o histograma.

Depois remove peso do lado mais pesado até que este se torne o mais leve.

Repete a mesma operação até que os se equilibrem.



```

int BHThreshold(int[] histogram) {
    i_m = (int)((i_s + i_e) / 2.0f); // Base da balança I_m
    w_l = get_weight(i_s, i_m + 1, histogram); // peso na esquerda W_l
    w_r = get_weight(i_m + 1, i_e + 1, histogram); // peso na direita W_r
    while (i_s <= i_e) {
        if (w_r > w_l) { // mais peso à direita
            w_r -= histogram[i_e--];
            if (((i_s + i_e) / 2) < i_m) {
                w_r += histogram[i_m];
                w_l -= histogram[i_m--]; } }
        else if (w_l >= w_r) { // mais peso à esquerda
            w_l -= histogram[i_s++];
            if (((i_s + i_e) / 2) > i_m) {
                w_l += histogram[i_m + 1];
                w_r -= histogram[i_m + 1];
                i_m++; } } }
    return i_m; }

```

em C

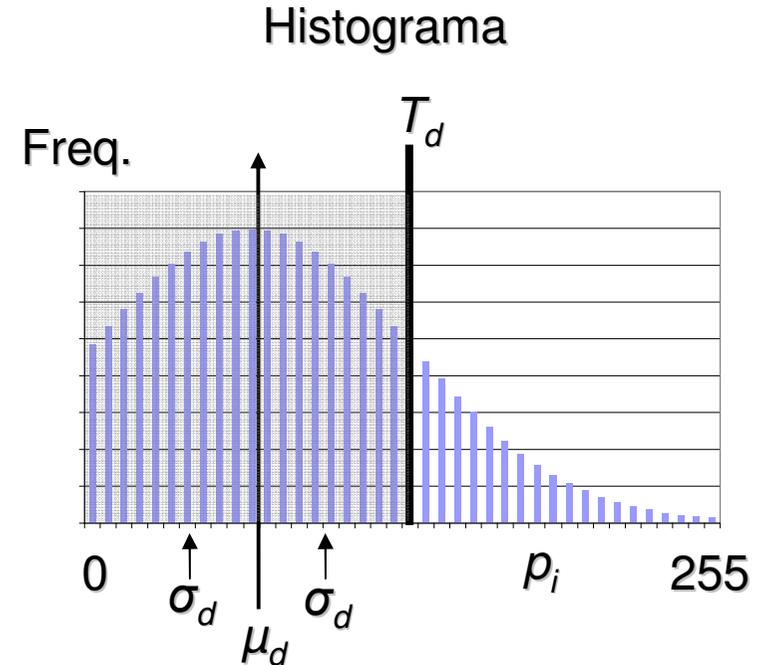
Método de Otsu:

$$p_i = \frac{n_i}{N}; p_i \geq 0; \sum_{i=1}^L p_i = 1 \quad (1)$$

$$q_d = \sum_{i=T_{d-1}+1}^{T_d} p_i \quad (2)$$

$$\mu_d = \sum_{i=T_{d-1}+1}^{T_d} \frac{i \cdot p_i}{q_d} \quad (3)$$

$$\sigma_d^2 = \sum_{i=T_{d-1}+1}^{T_d} \frac{(i - \mu_d)^2 \cdot p_i}{q_d} \quad (4)$$



Função Objetivo: $\text{Min } f(T_1, T_2, \dots, T_{d-1}) = \sum_{i=1}^d q_i \cdot \sigma_i^2$

Limiarização em Multiníveis de Niblack

Método de limiarização local de bom desempenho.

Constrói uma superfície limite, baseada na média local m , e um desvio padrão s , de valores de cinza computado em uma vizinhança pequena ao redor de cada pixel:

$$T = m + k \cdot s$$

onde k é uma constante

Niblack multinível \rightarrow segmenta RMI em várias regiões importantes do cérebro.

Algoritmo Niblack Multinível

1. Define-se o tamanho da janela w .
2. Define-se o valor da constante k de limiarização adaptativa.
3. Lê a imagem I em tons de cinza que se queira segmentar.
4. Obtém o número de linhas e colunas dessa imagem.
5. Desliza essa janela w pela imagem I até obter o novo valor de tom para cada pixel em I .
6. Calcula a média e o desvio padrão e em seguida o valor de T .
7. Verifica todos os valores de limiarização e armazena as faixas de limiarizações.
8. Percorre toda a imagem considerando uma faixa de cada vez e armazena os valores para cada faixa. São três faixas para verificar a limiarização: faixas T_1 para o liquor, T_2 para a substância cinzenta e T_3 para a substância branca.
9. Percorre cada faixa considerando que os píxeis de valor dentro da faixa será atribuído o valor 255 (branco) e os demais fora da faixa atribuído o valor 0 (preto).

Limiarização em Multiníveis de Niblack

- Desvantagens:
 - produz uma grande quantidade de ruídos em imagens com muitos tons de cinza.
 - processamento posterior intenso computacionalmente para redução ou remoção de ruídos.
 - Definição do tamanho da vizinhança → deve ser pequeno suficiente para preservar detalhes locais mas grande o suficiente para suprimir ruídos

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.

Histograma de Imagens Coloridas

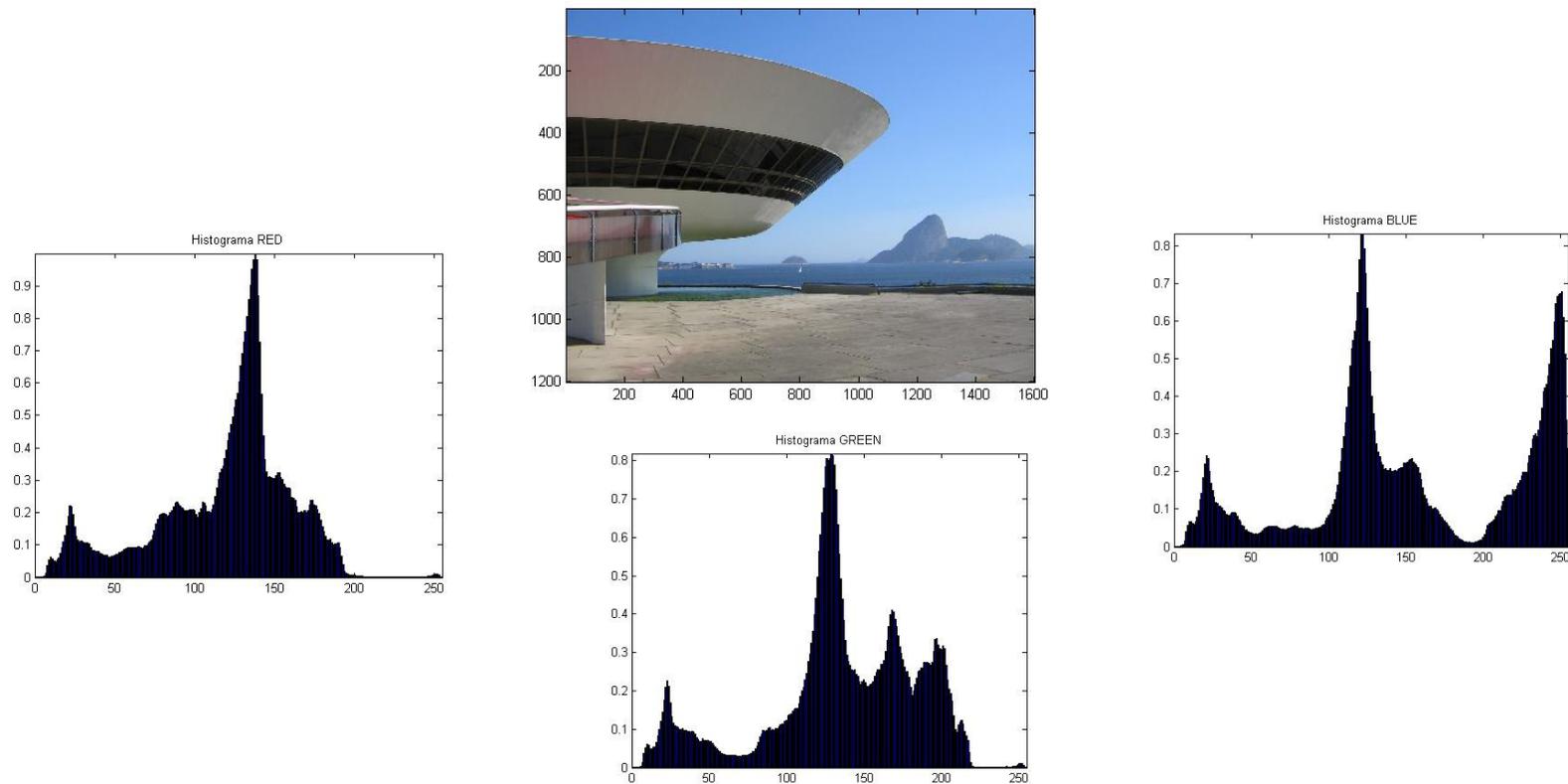


Imagem original e seus histogramas normalizados

(isso é o numero maximo de pixel de determinada nivel será 1)

Problema:

Quando uma técnicas de processamento de imagens **monocromáticas** é simplesmente **triplicadas** para cada um dos canais (RGB) independentemente, o resultado será o surgimento de **cores não presentes** na imagem original.

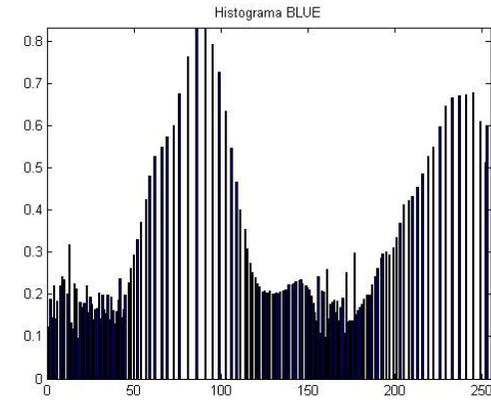
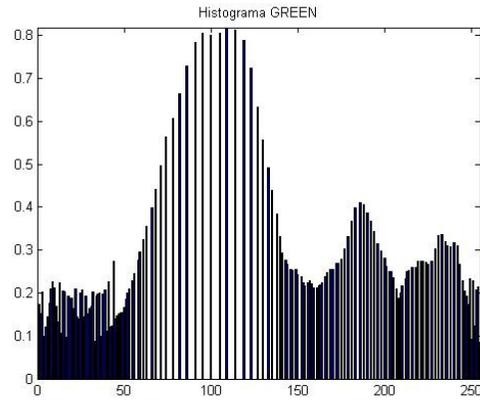
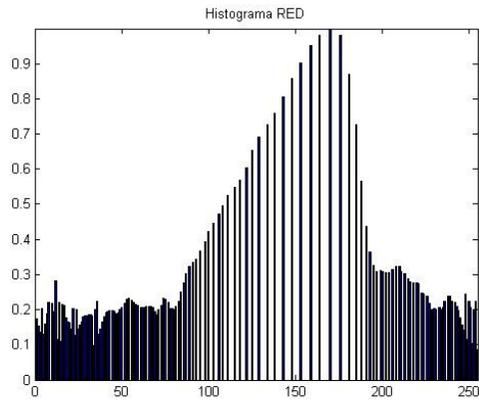
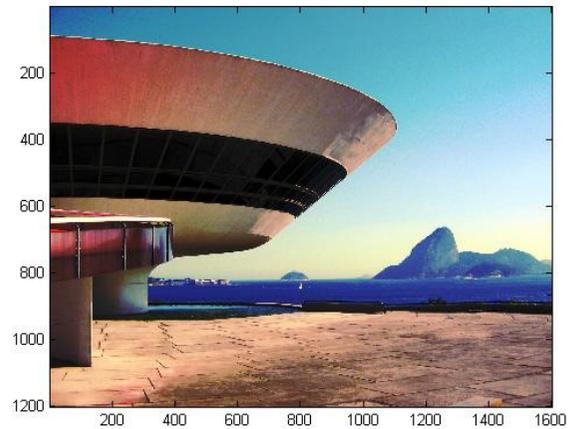
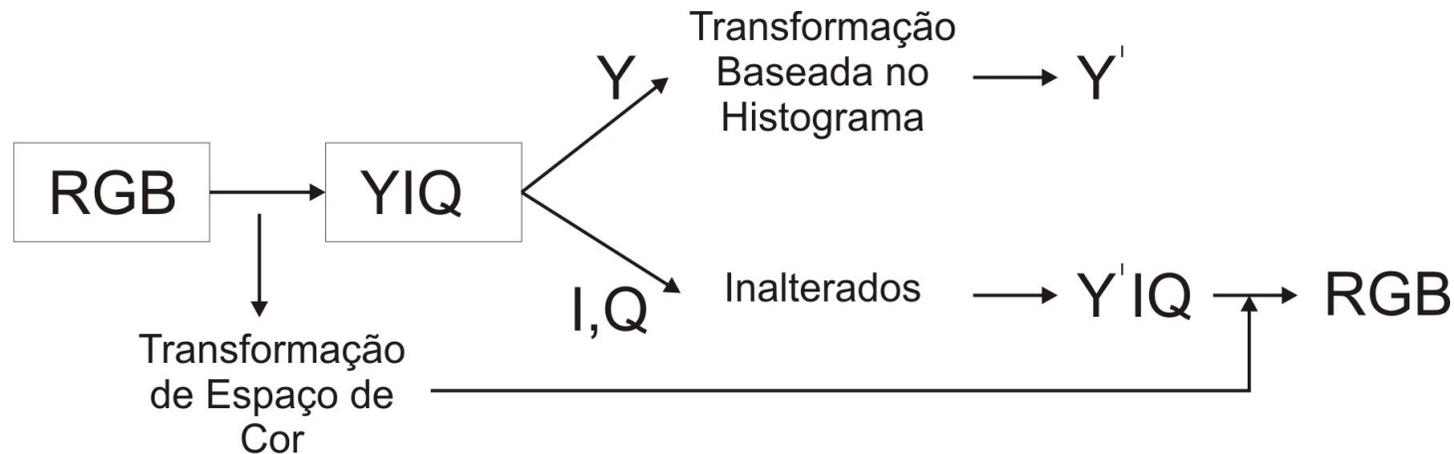


Imagem modificada por equalização e seus histogramas equalizados normalizados .



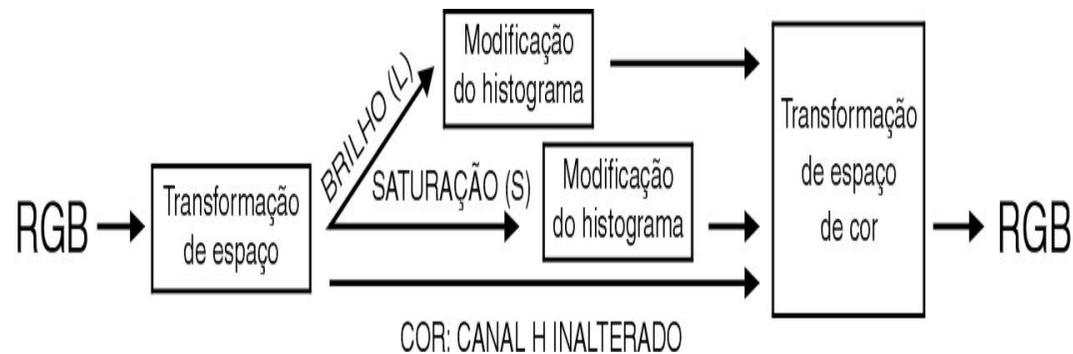
Soluções para voltar a ter imagens coloridas reais:

Usar só a melhor canal no melhor espaço de cores



Esquema de modificações baseadas no histograma para imagens coloridas.

Ou usar processamentos diferentes para os canais que não são associados a cores e não alterar o canal de cores nos espaços de cores em que o MATIZ está associado a um canal só!!



Esquema de modificação para espaços , HSI, HSV e HLS

Como ficarão as imagens da

Sua aplicação em cada canal de diversos espaços de cores ou pelo menos de famílias deles

RGB

HSV

Y Cr Cb

(ou outros destas “famílias” ???)

O resultado é muito dependente do tipo de espaço de cores usado

Maioria dos espaços

considera a **fisiologia da retina humana**, apenas quanto 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**

1664, Isaac Newton

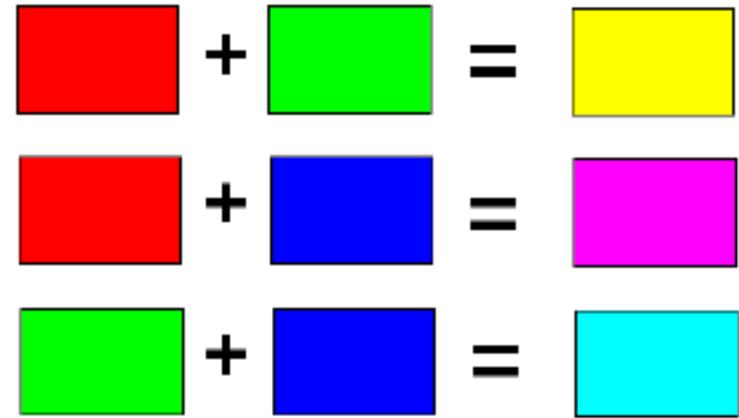
Estudos realizados com a cor-luz mostram que as cores podem ser combinadas e, assim, fazer surgir novas cores.

Estudando a composição de cores do arco-íris que é formada quando os raios luminosos atravessam as gotas da chuva, Newton as reproduziu fazendo incidir raios luminosos sobre alguns prismas e lentes.

A faixa luminosa que obteve é conhecida como “espectro solar”



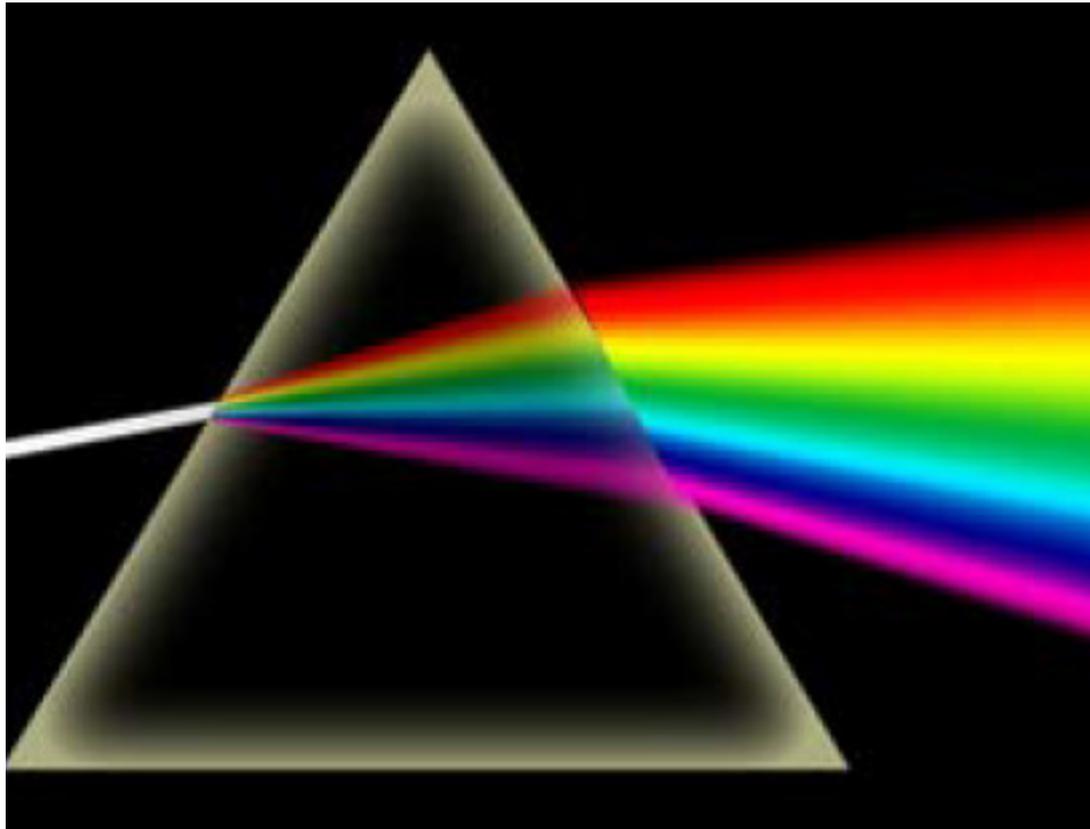
Cores aditiva obtidas pela combinação de luzes RGB



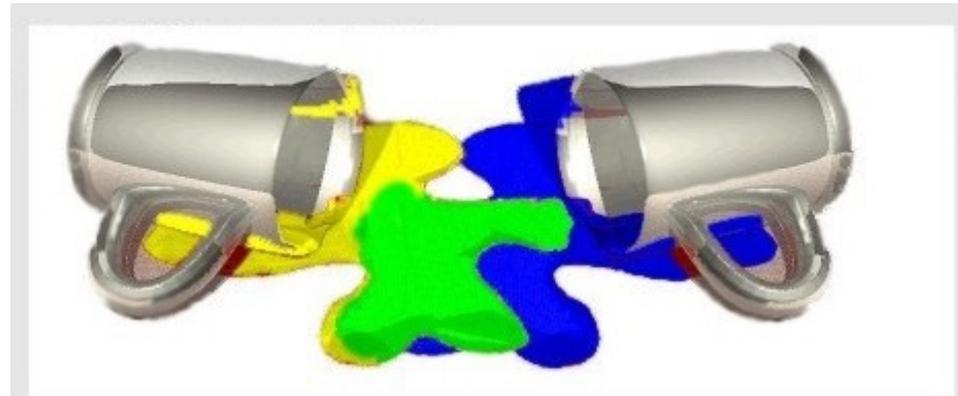
Cor	R (%)	G (%)	B (%)	
vermelho puro	100	0	0	
azul puro	0	0	100	
amarelo	100	100	0	
laranja	100	50	0	
verde musgo	0	25	0	
salmão	100	50	50	
cinza	50	50	50	

Luz branca:

Todos os comprimentos de onda misturados

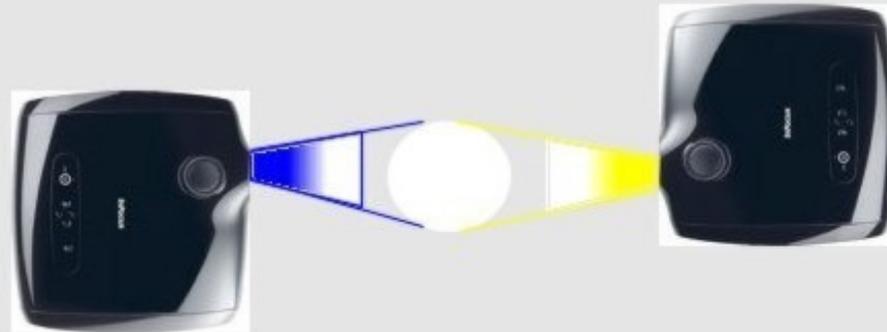


Modelos de cor: noção de primárias, secundárias e terciárias



Tinta amarela misturada com tinta azul cria uma tinta verde.

Cores complementares

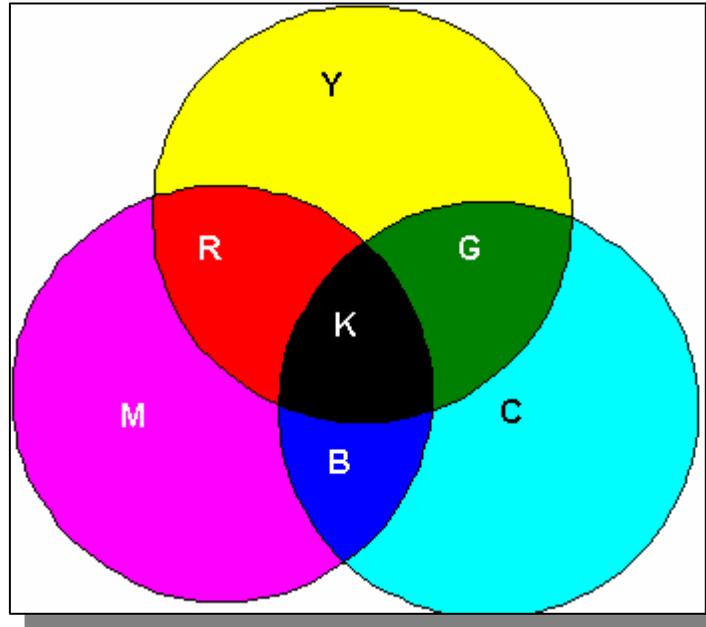


Luz amarela com luz azul cria uma luz branca.

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

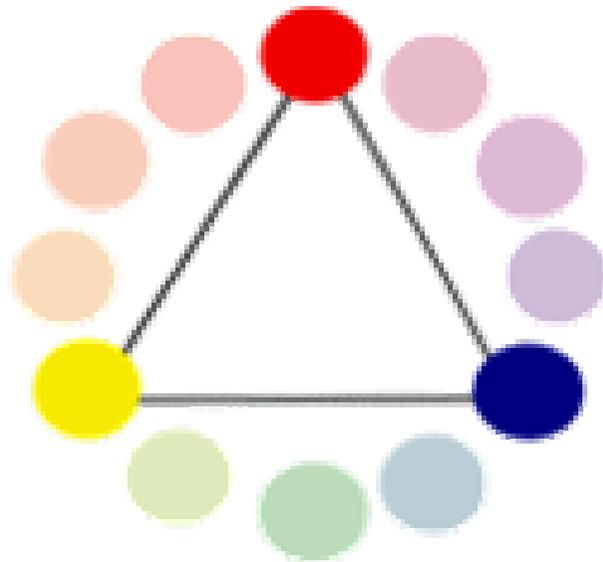
Modelos de cor

Sistemas de cores subtrativos CMY



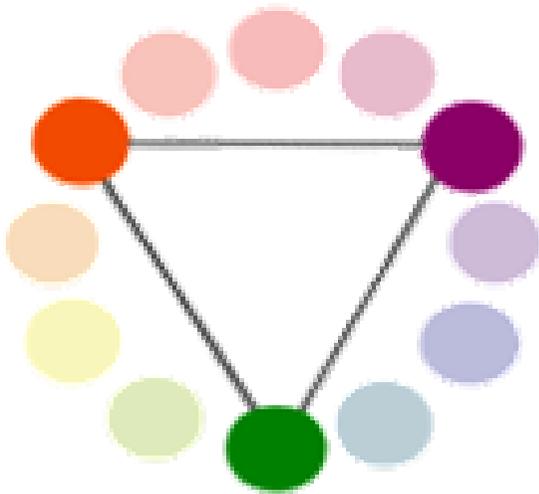
Cores Primárias :

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



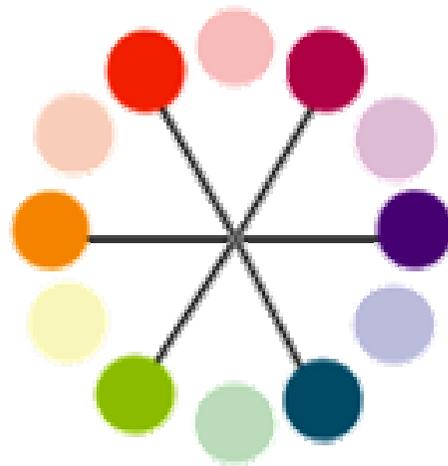
Cores Secundárias:

Obtidas da mistura de 2 primárias.



Cores Terciárias:

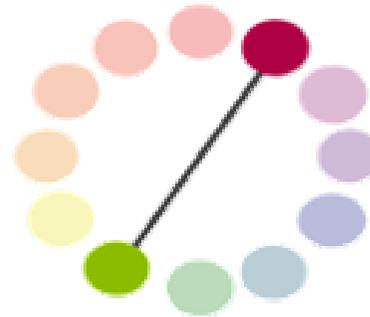
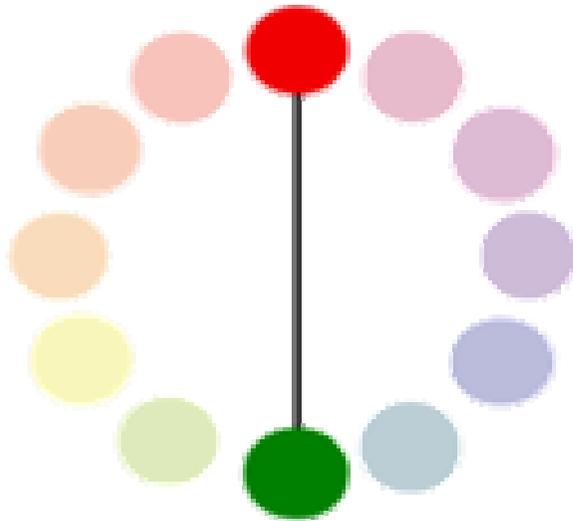
Obtidas da mistura de primárias (main hues) e secundárias (second hues).



Cores Complementares :

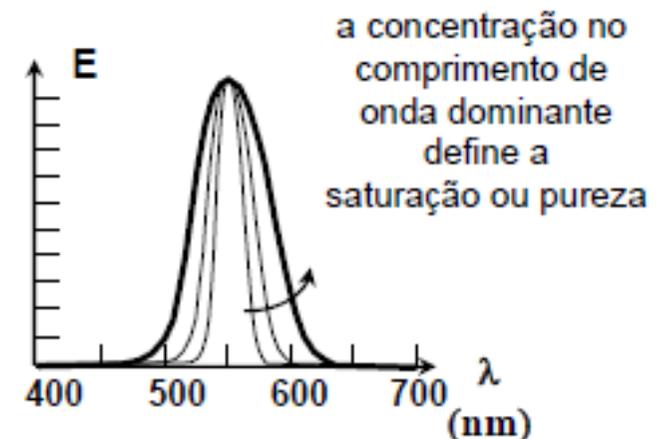
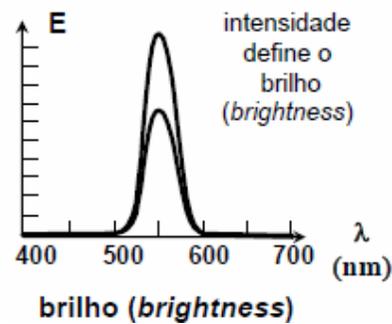
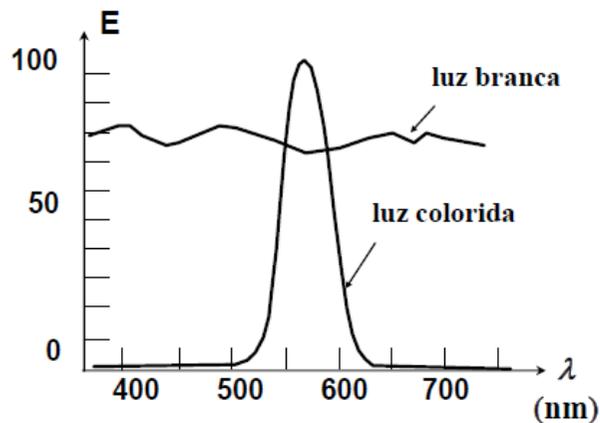
Em um determinado sistema de cor, são as que combinadas produzem o **branco** ou o **preto** (se aditivos ou subtrativas) .

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

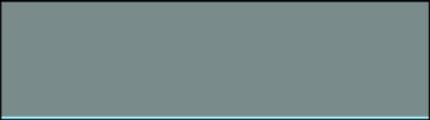


Coiores Análogas :

- Tem mesma percepção para um humano padrão
- É o que se busca reproduzir nos diversos sistemas de cores .



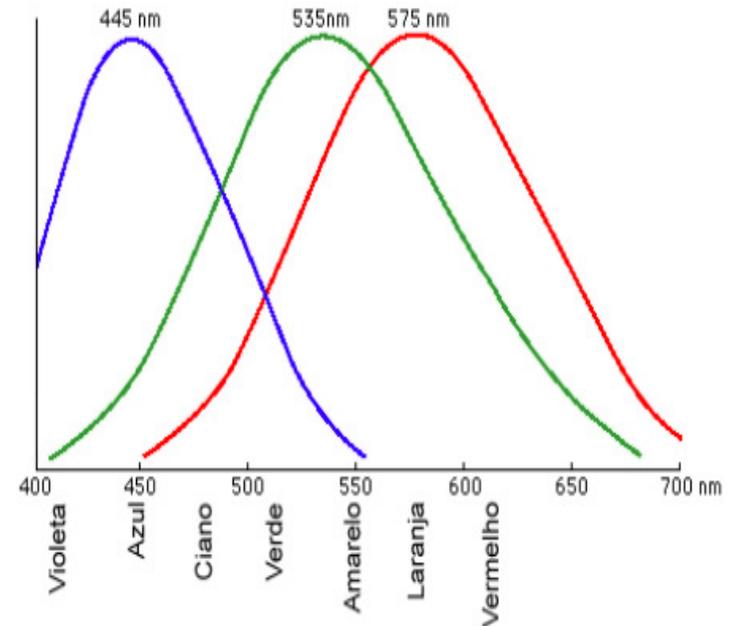
Cores análogas

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	

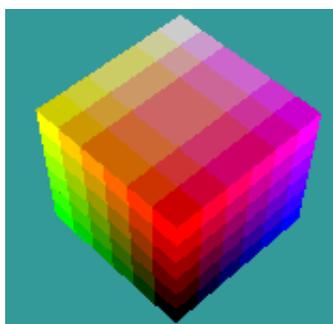
exemplo

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

RGB



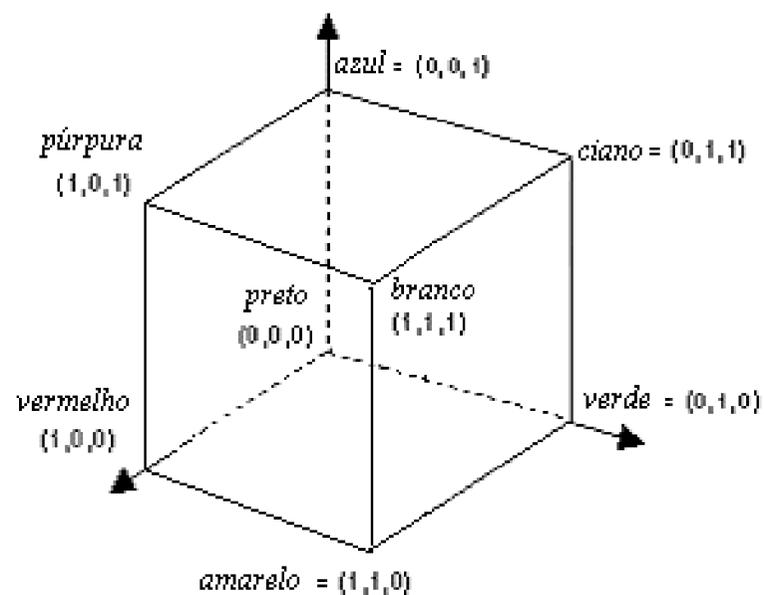
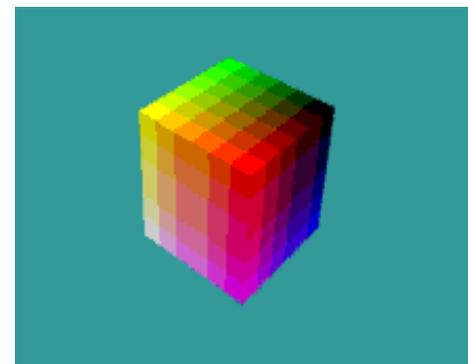
- Base de primárias do sistema:
 - $R(\lambda)$ luz vermelho com comprimento de onda de 700 nm
 - $G(\lambda)$ luz verde com comprimento de onda de 546 nm
 - $B(\lambda)$ luz azul com comprimento de onda de 435.8 nm



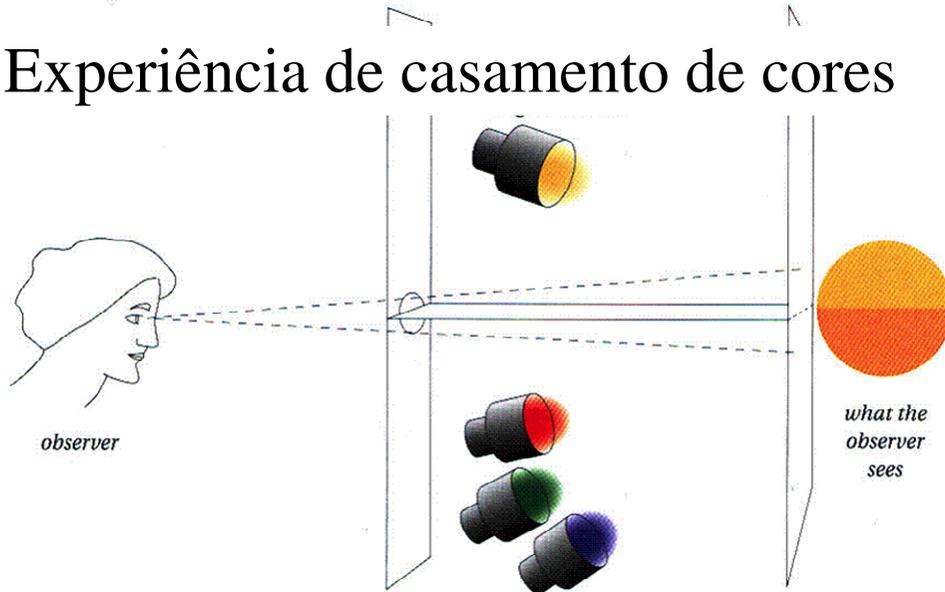
Espaço de cor

RGB

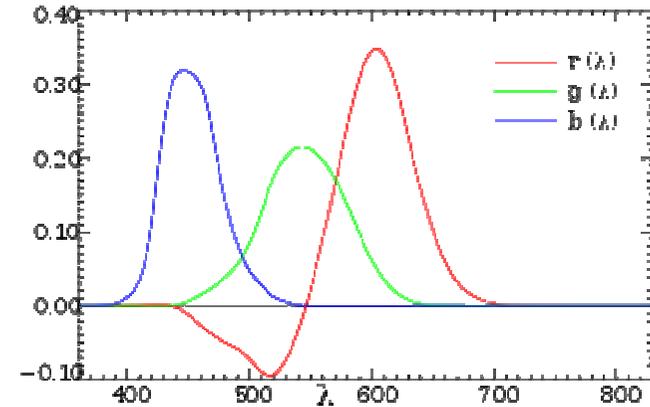
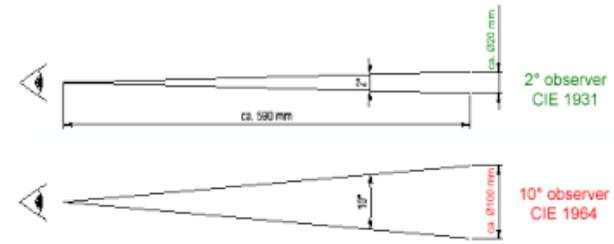
Normalizado entre 0 e 1



Experiência de casamento de cores



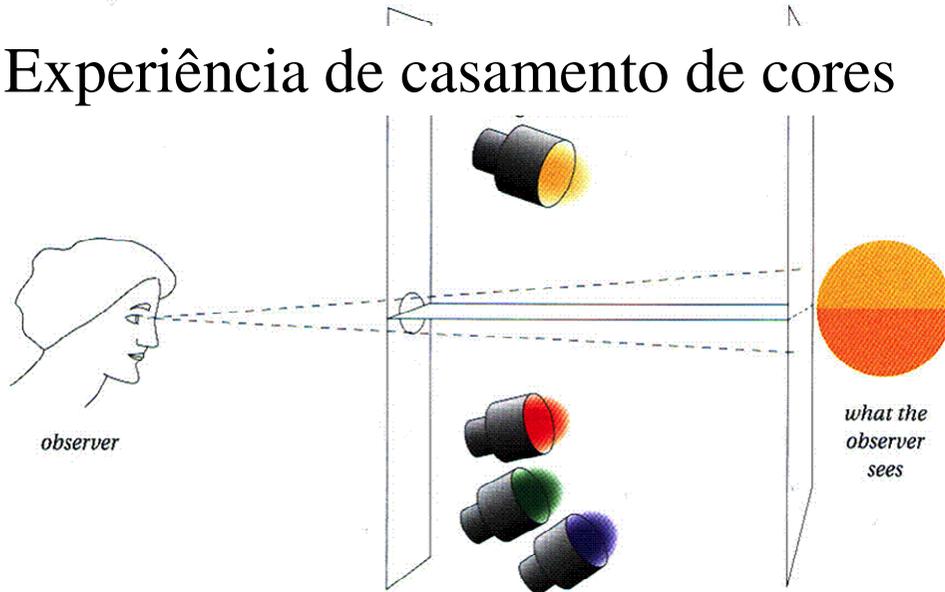
Ambiente controlado e um humano padrão



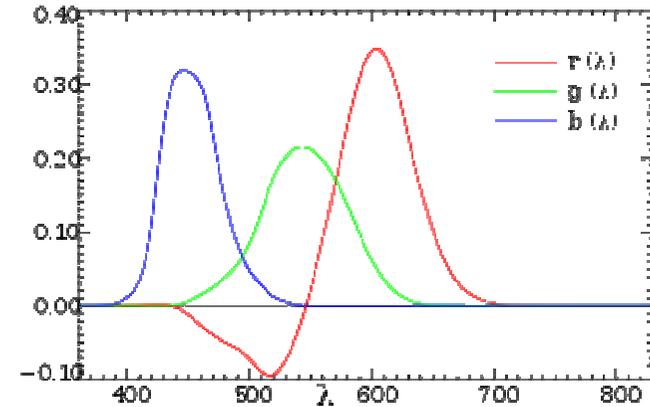
Na geração da luz

Coeficientes negativos

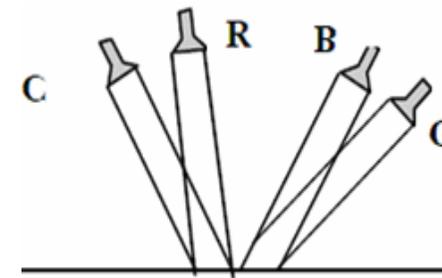
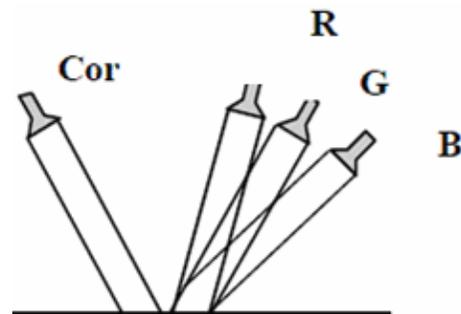
Experiência de casamento de cores



Ambiente controlado e um humano padrão

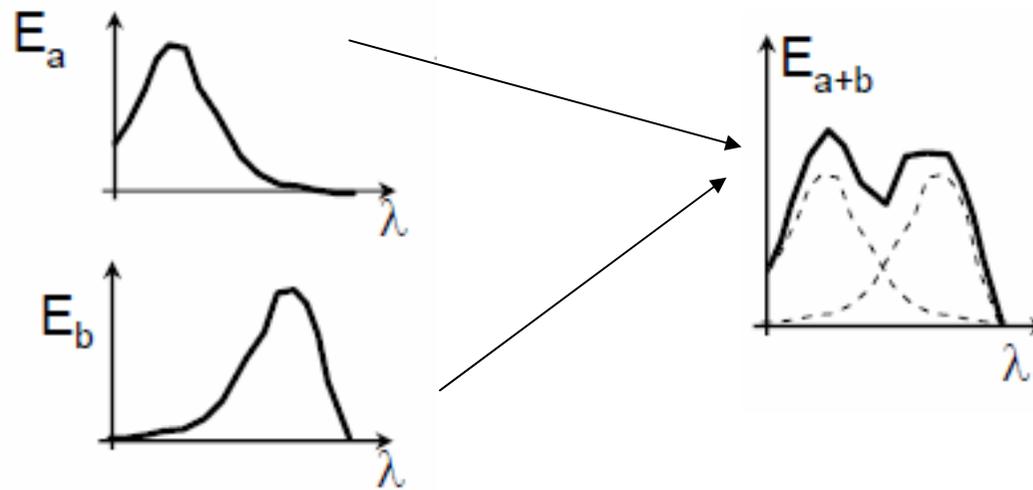


Na geração da luz

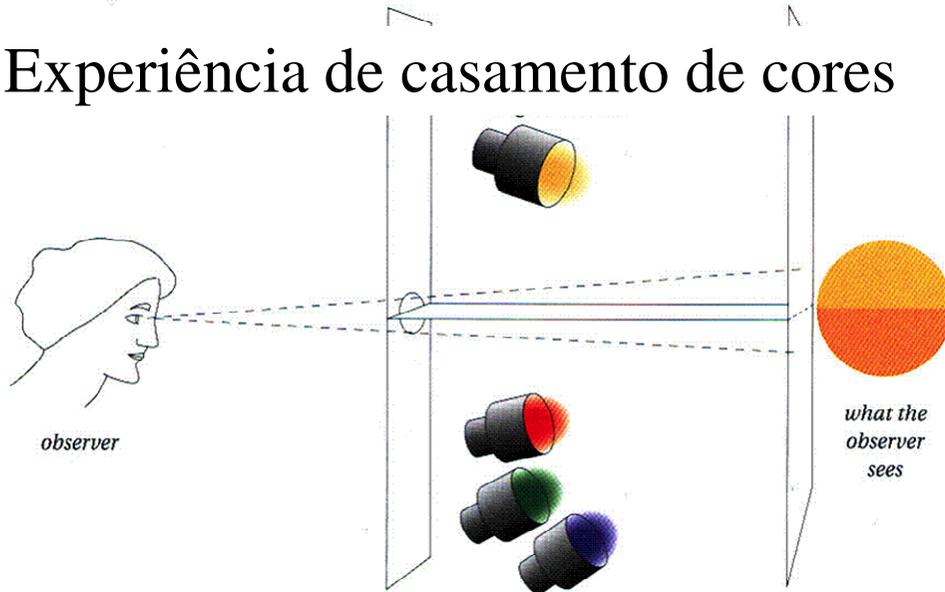


Coefficientes negativos

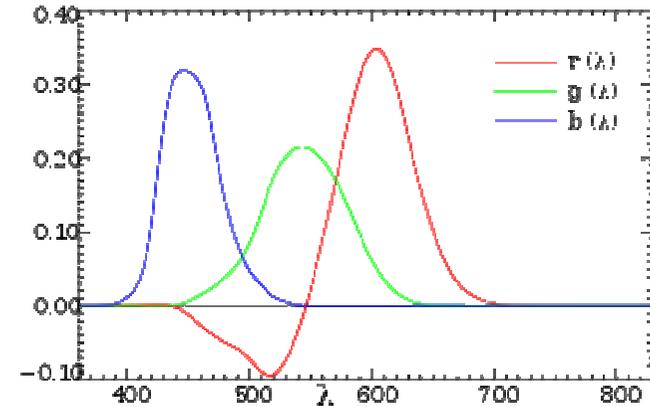
Processo aditivo de formação de cores ou luzes



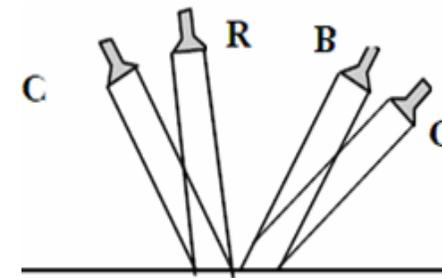
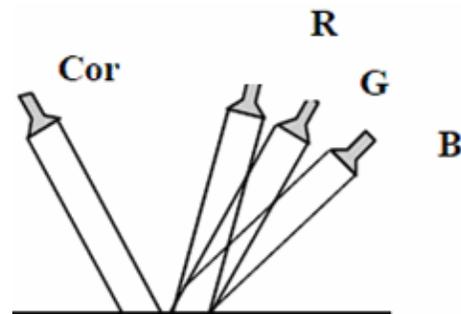
Experiência de casamento de cores



Ambiente controlado e um humano padrão



Na geração da luz

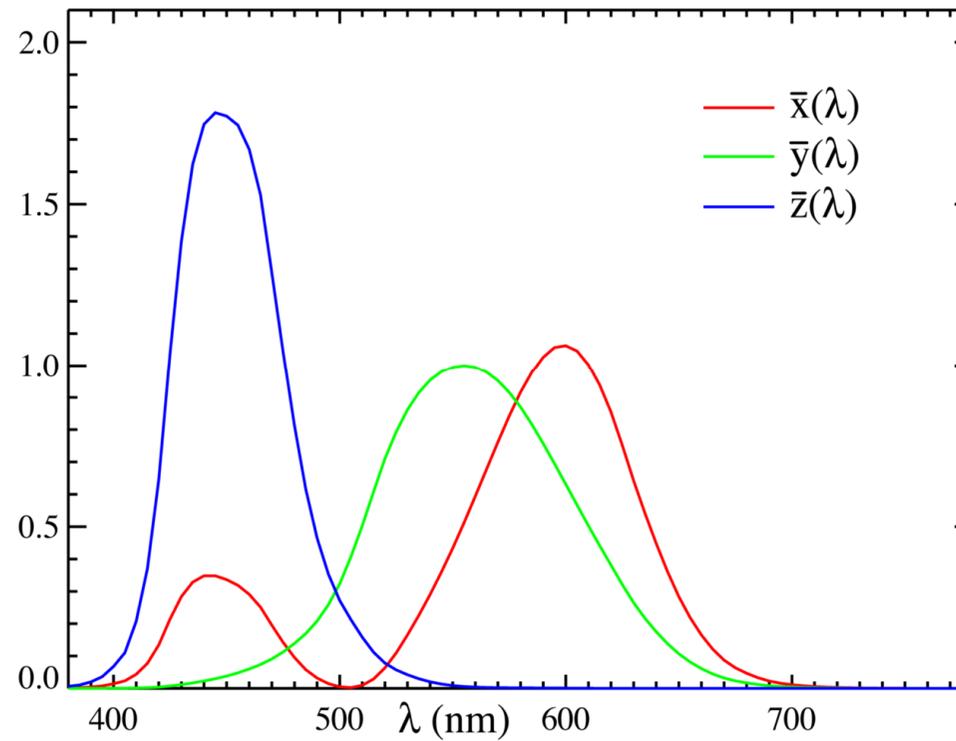


Coefficientes negativos

O Sistema CIE XYZ

- Os fotos receptores cones dos olhos humanos tem picos de sensibilidade as ondas **curtas** (*S*: 420–440 nm), **médias** (*M*: 530–540 nm), e **longas** (*L*: 560–580 nm).
- Assim em principio 3 parâmetros são suficientes para descrever a sensação de cor humana.
- Para obter todas as cores visíveis - **Commission internationale de l'éclairage** - CIE 1931 e denominadas *X*, *Y* e *Z*.
- O CIE XYZ, é um espaço de cor aditivo para a definição de cores de forma padronizada
- Site oficial: <http://cie.co.at/>

Com o XYZ se tem todos os coeficientes positivos na percepção
Da mesma luz para um humano padrão



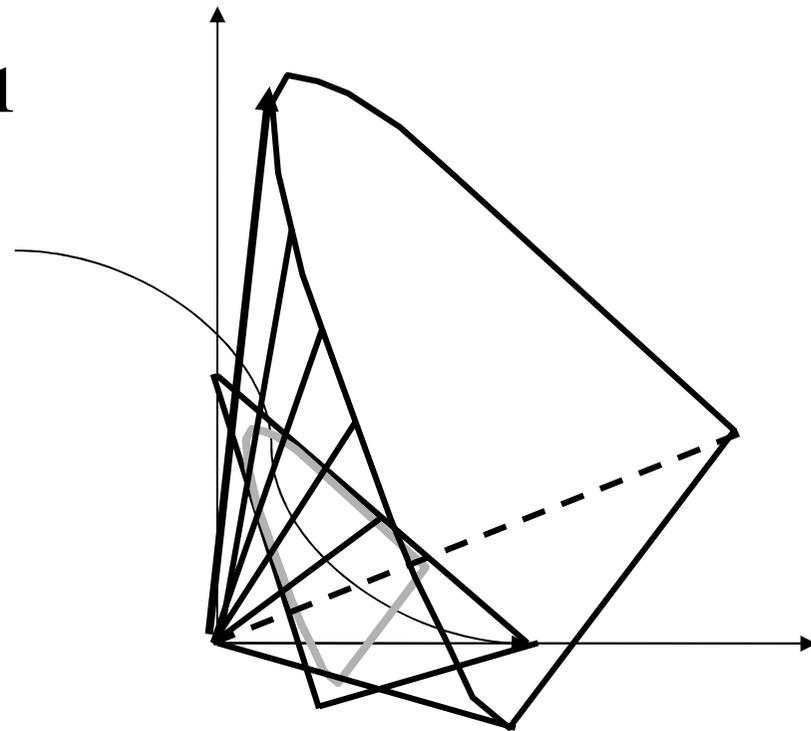
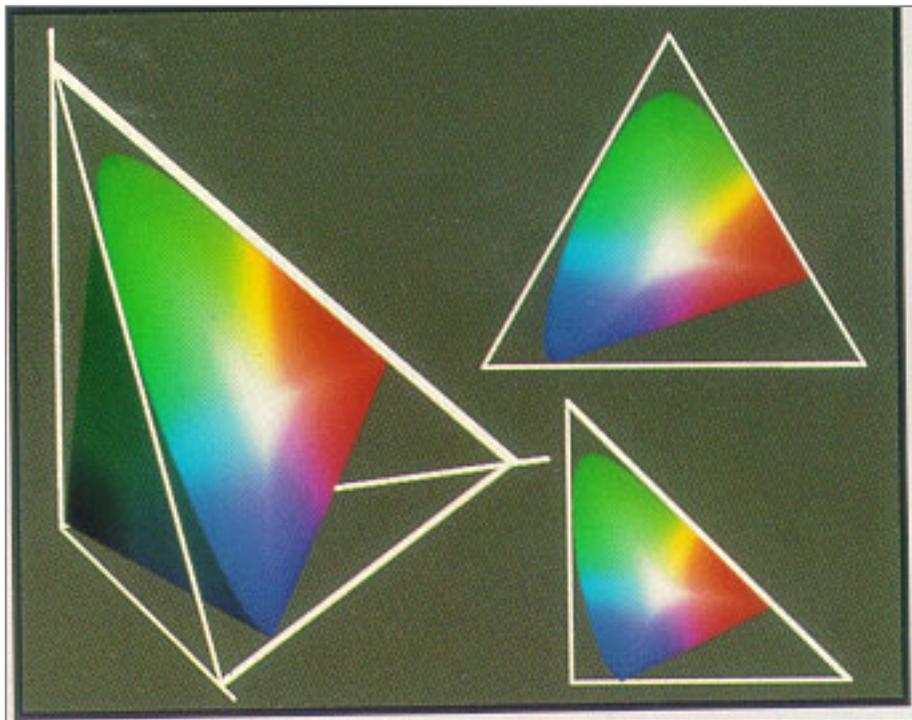
Sólidos de cores visíveis

- 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)**.

Modelos de cor

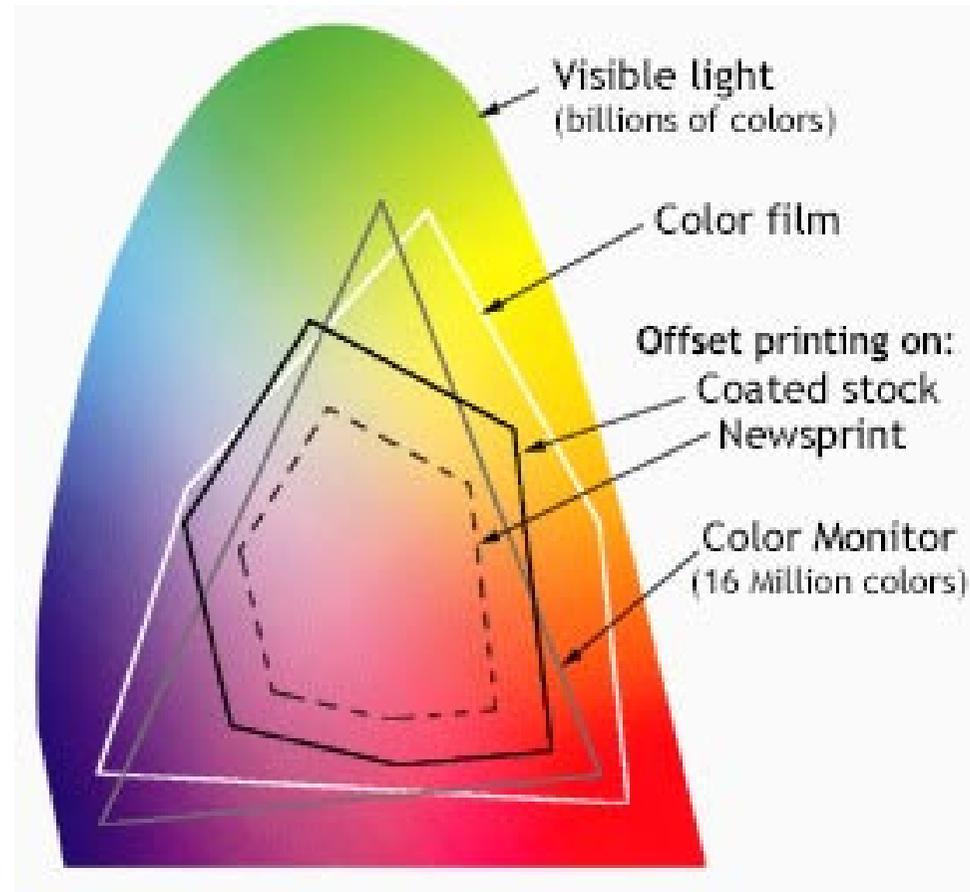
Sólidos de cores visíveis e diagramas de cromaticidade

Plano $X+Y+Z=1$



Facilidade de representar em mapas 2D

**Separando a
intensidade luminosa
Do “croma”
pode-se ter um plano
de cores**



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**

Cores visíveis

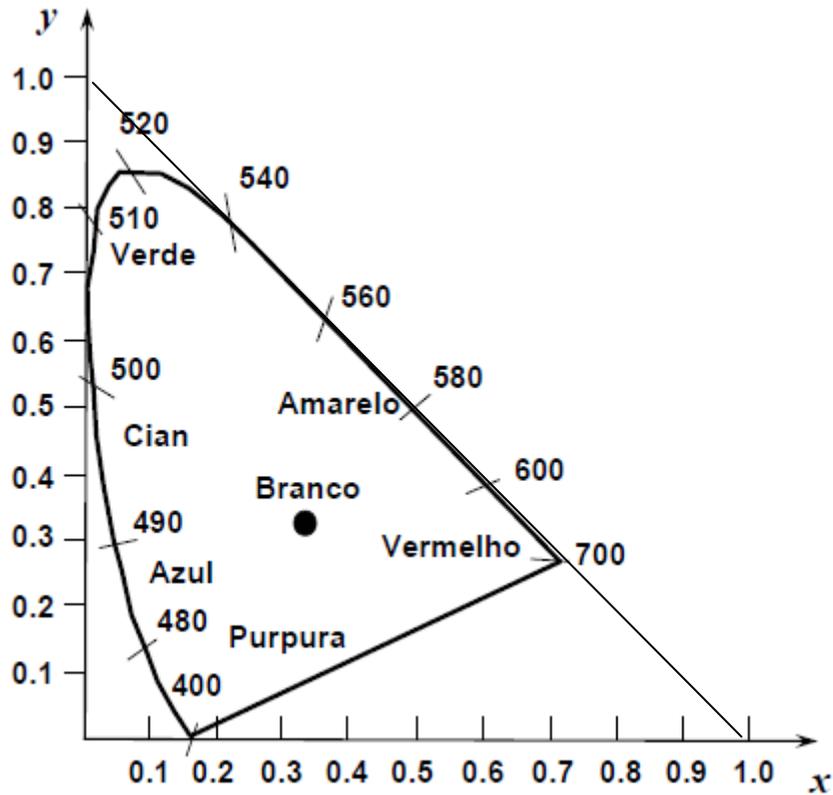
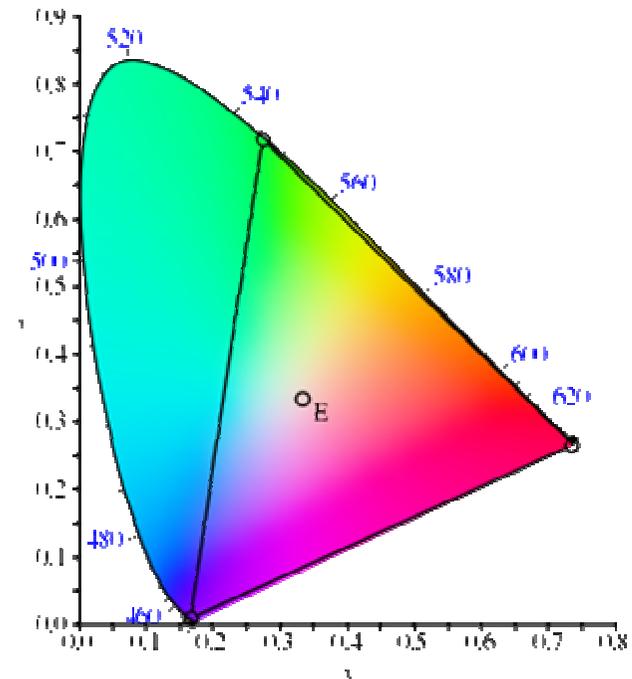
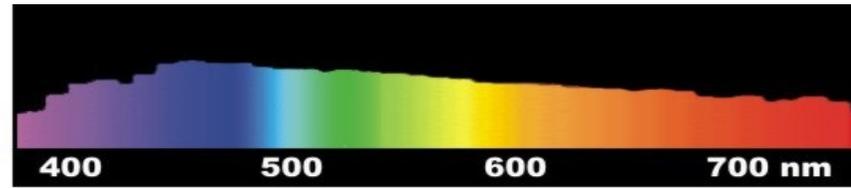


Diagrama de Cromacidade CIE



Gamut of the CIE RGB primaries and location of primaries on the CIE 1931 xy chromaticity diagram.

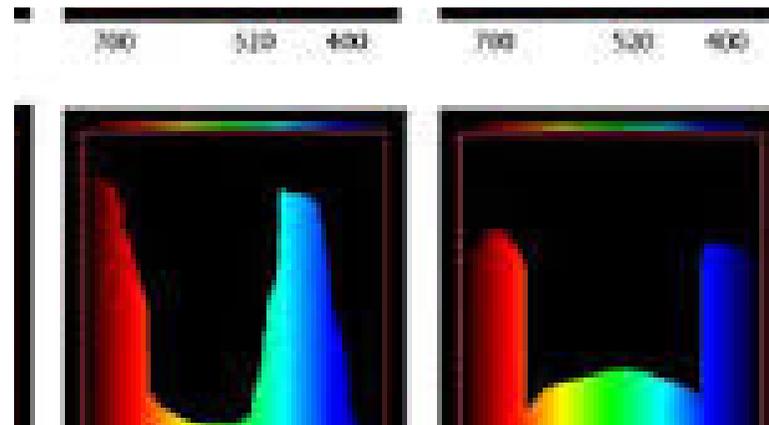
Luz
br
an

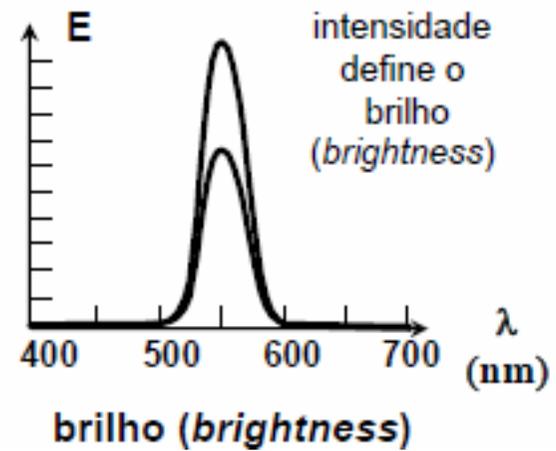
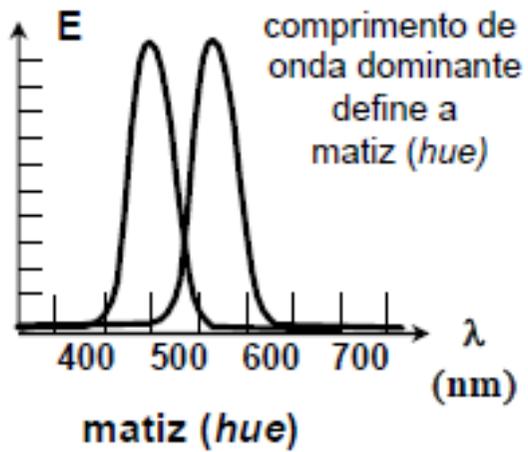
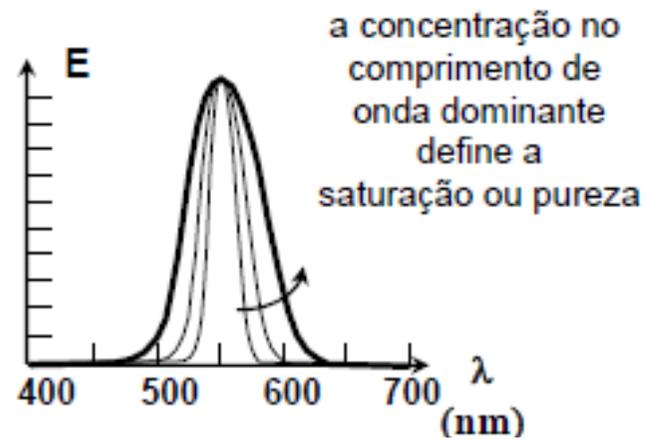
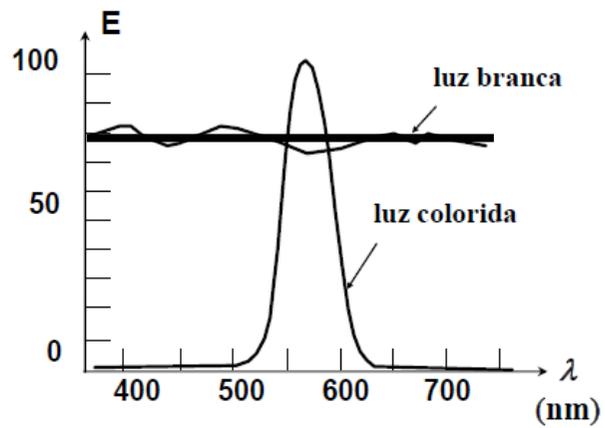


Radiação Solar

Linha dos magentas:
Ca

Luz Magenta, mais ou menos saturada, mas
nunca por uma luz pura!!





Sistema XYZ

conversão entre os sistemas CIE-RGB e CIE-XYZ

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2.36470 & -0.51515 & 0.00520 \\ -0.89665 & 0.14264 & -0.01441 \\ -0.46808 & 0.08874 & 1.00921 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \frac{1}{0.17697} \cdot \begin{bmatrix} 0.49 & 0.31 & 0.20 \\ 0.17697 & 0.81240 & 0.01063 \\ 0.00 & 0.01 & 0.99 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

CIE (Comissão Internationale de l'Éclairage)

Conversão entre os sistemas RGB e XYZ, diferenças possíveis

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.412 & 0.358 & 0.180 \\ 0.213 & 0.715 & 0.072 \\ 0.019 & 0.119 & 0.950 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3.240 & -1.537 & -0.499 \\ -0.969 & 1.876 & 0.042 \\ 0.056 & -0.200 & 1.057 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}$$

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**

Teoria oponente ou teoria de Hering

Há outras partes da visão colorida não resolvidos na teoria tricromática.

Por exemplo, ao misturar luzes vermelha e verde, vemos amarelo.

Mas como pessoas que são cegas ao vermelho e ao verde, ainda podem enxergar o amarelo?

É porque o amarelo parece ser uma outra forma e não só uma combinação de vermelho e verde, como o roxo é de vermelho e azul.

Hering descobriu uma pista para suas perguntas na conhecida ocorrência de pós-imagens.

Hering supôs que havia dois processos de cor adicionais, um responsável pela percepção do vermelho em oposição ao verde e um para o azul contraposto ao amarelo.

Ewald Hering: Teoria oponente

Um século mais tarde, os pesquisadores confirmaram a teoria do processo oponente.

Depois de deixar as células receptoras, a informação visual é analisada em termos das cores oponentes, vermelho e verde, azul e amarela e também preta e branca.

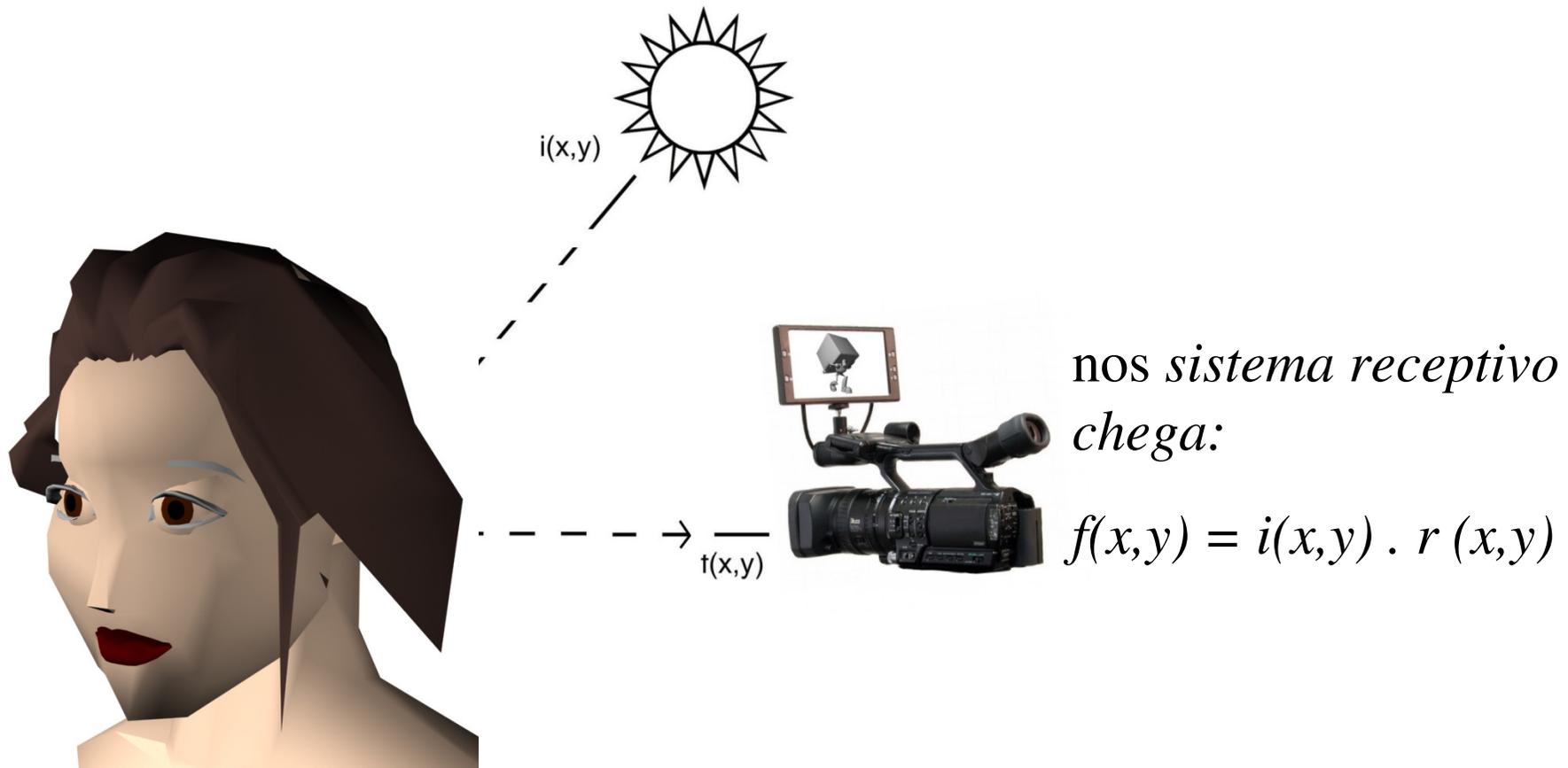
Na retina e no tálamo (onde os impulsos vindos da retina são retransmitidos no caminho para o córtex visual), alguns neurônios são “ligados” pelo vermelho, mas “desligados” pelo verde. Outros são “ligados” pelo verde, mas “desligados” pelo vermelho. Processos oponentes explicam pós-imagens.

Atualmente a solução para o mistério da visão de cor é portanto aproximadamente esta: o processamento de cores ocorre em dois estágios.

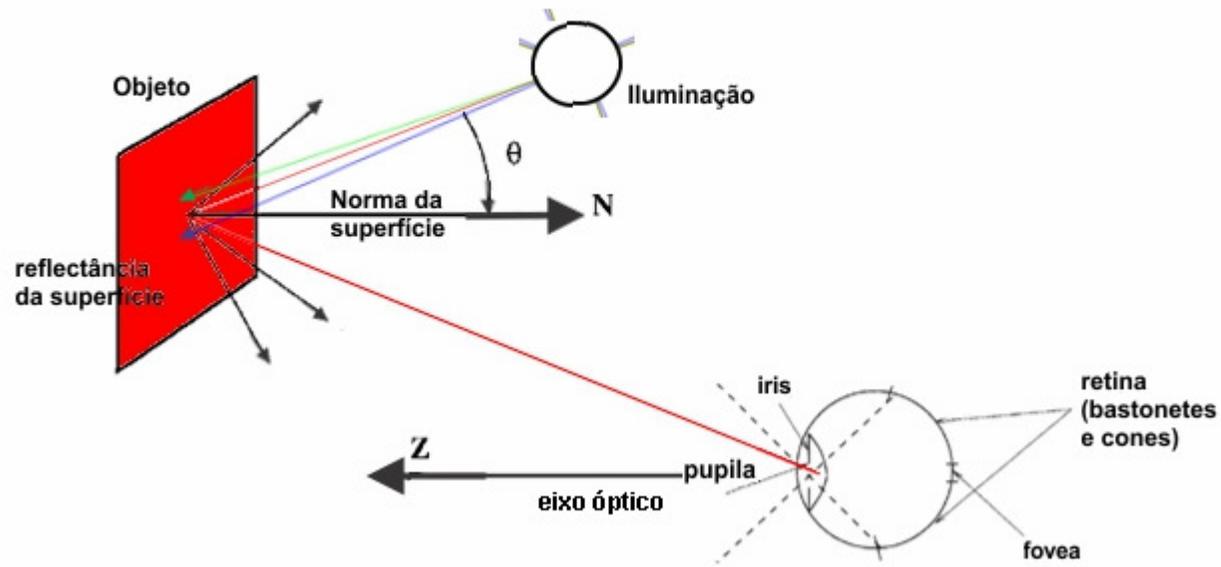
Os cones vermelhos, verde e azul da retina respondem em graus variados a estímulos de cor diferentes, como a teoria tricômica de Young - Helmholtz sugeriu.

Seus sinais são depois processados pelas células de processo oponente do sistema nervoso, a caminho do córtex visual.

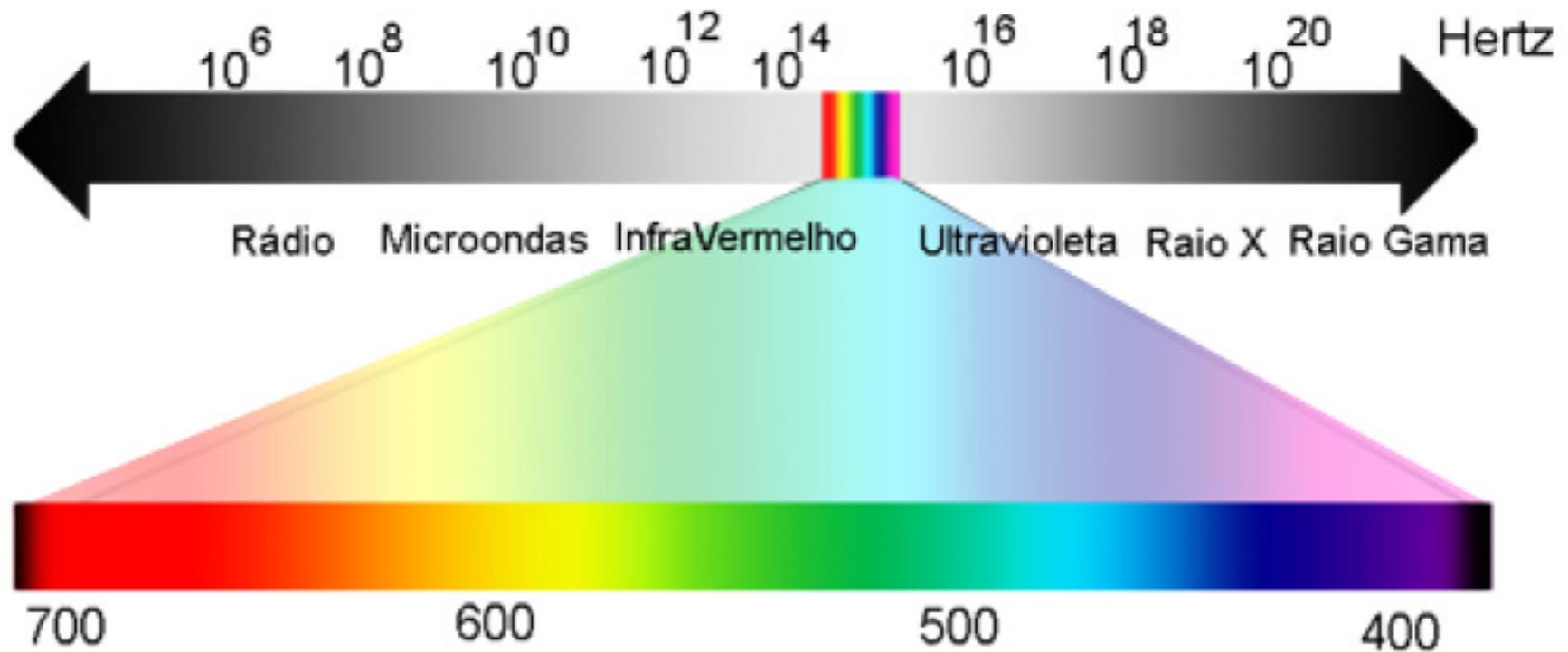
Imagens de objeto **eminentes** ou iluminados



Subtração de energia

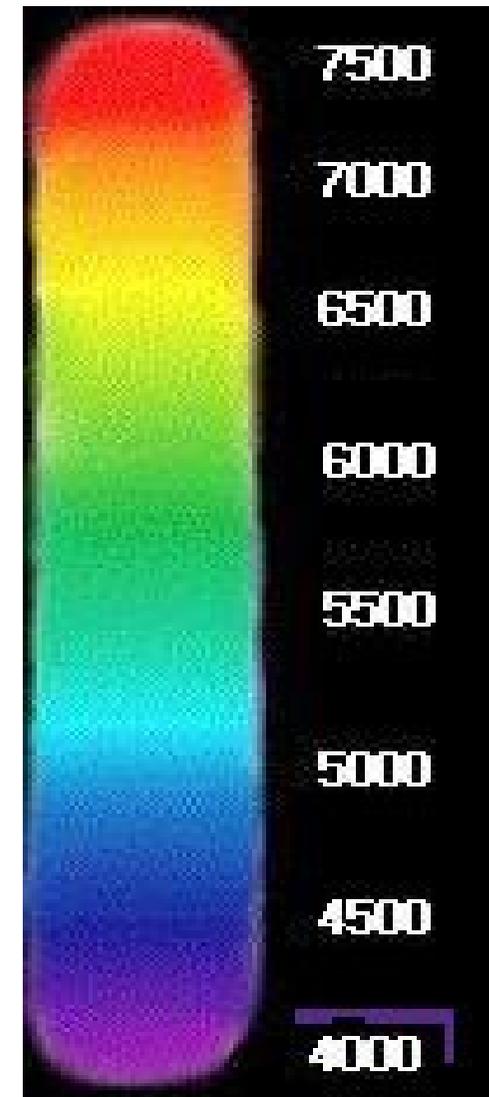


Frequência ou comprimento de onda da luz visível



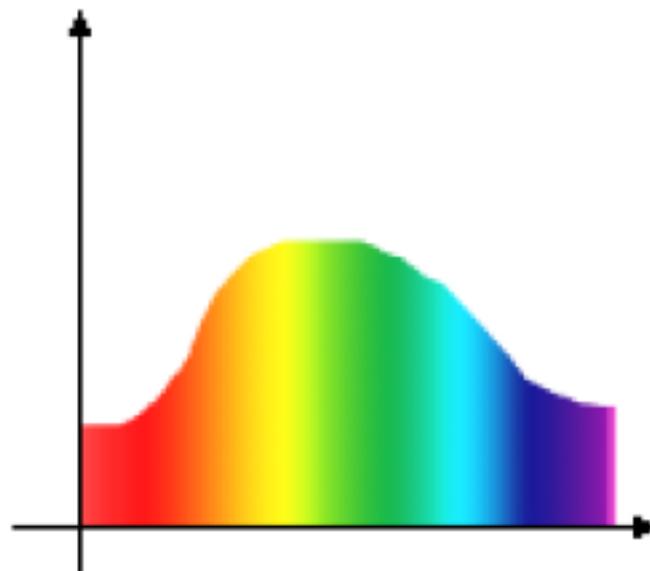
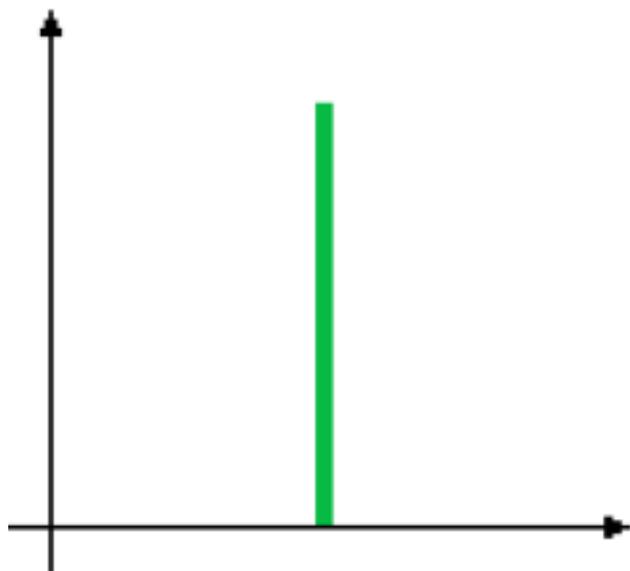
O espectro da luz do Sol, dita "branca", é um contínuo com todas as cores visíveis.

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



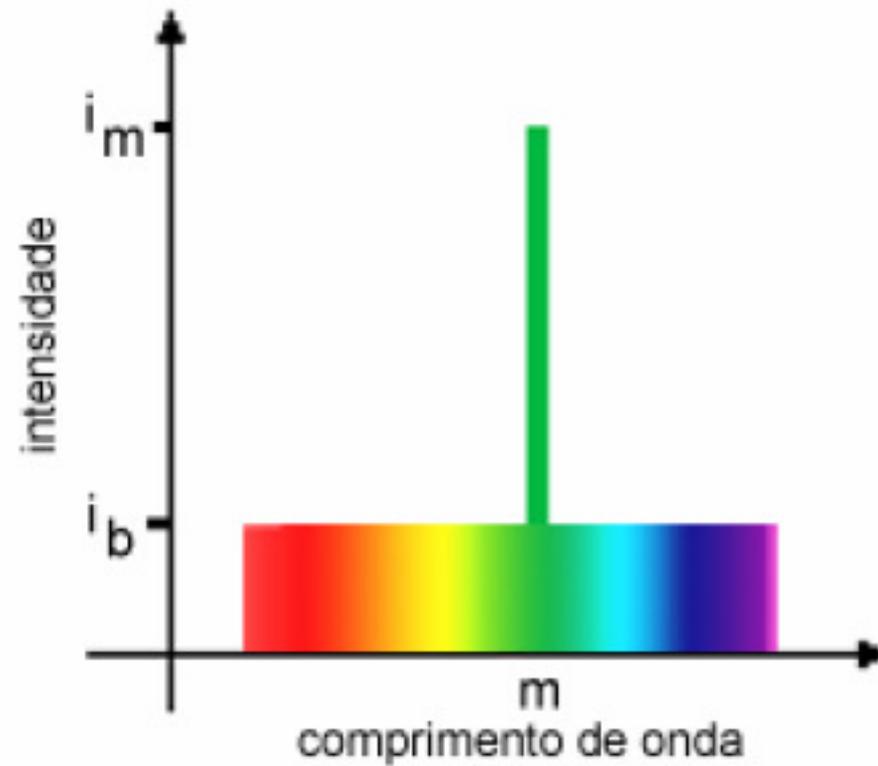
Cor pura x cor em mistura

Indistinto aos olhos humanos

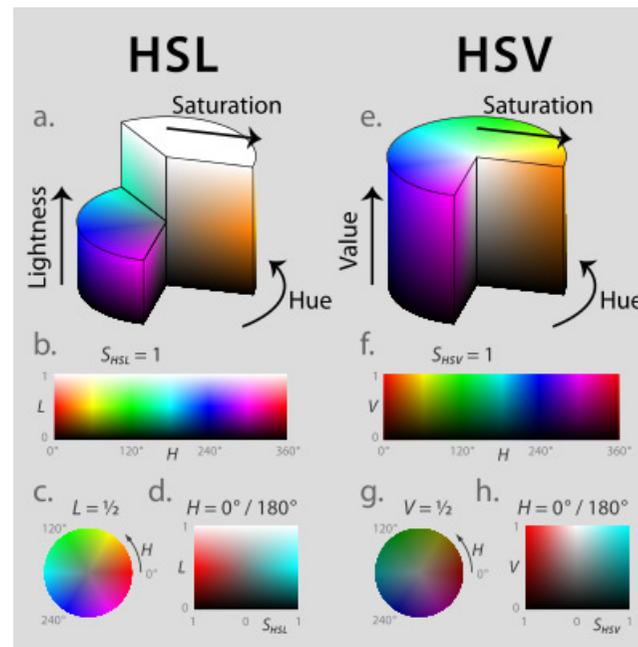


Matiz (Hue), Saturação

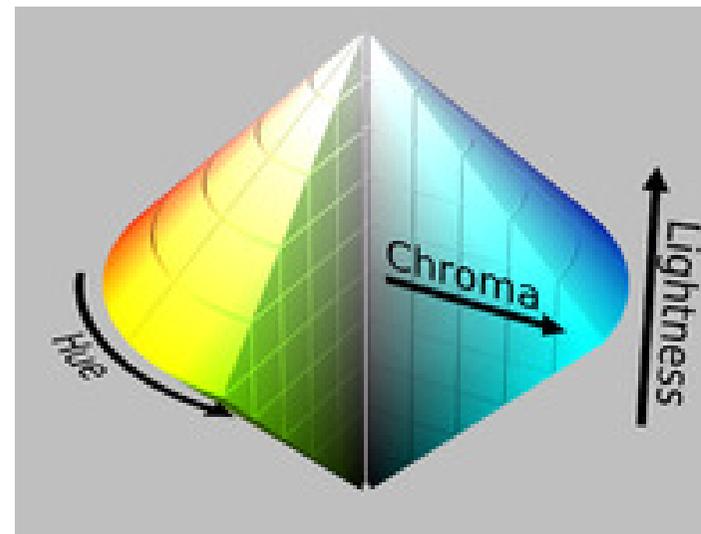
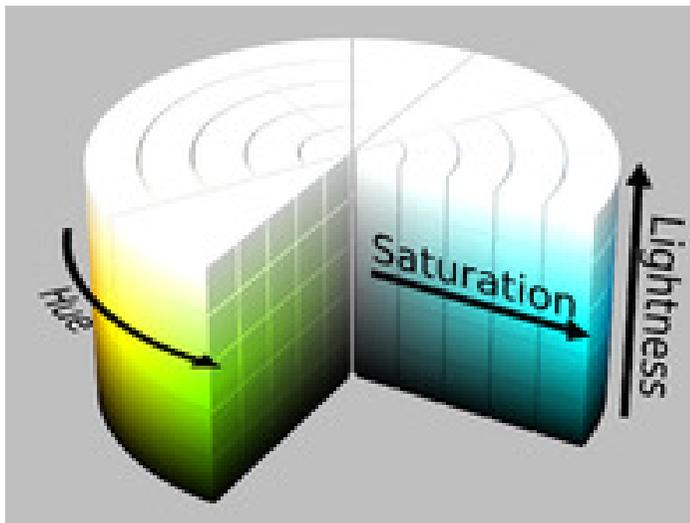
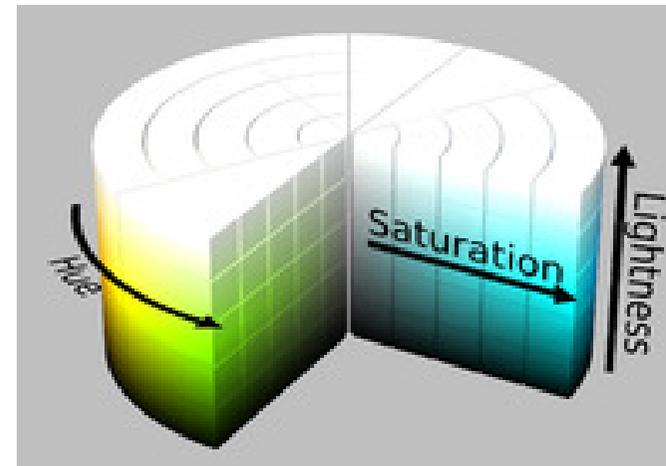
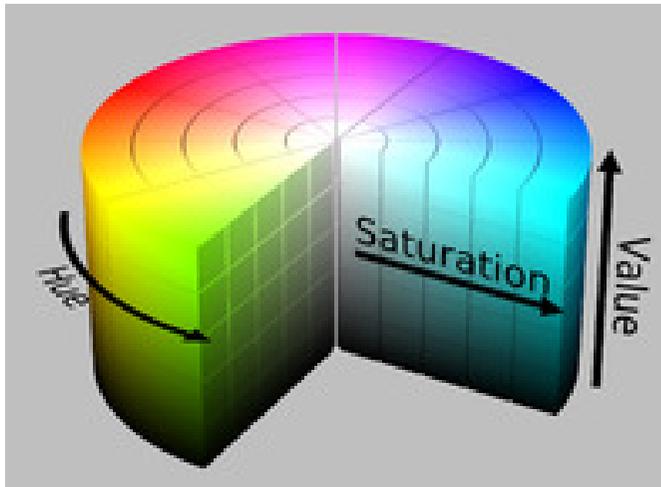
Intensidade = energia luminosa



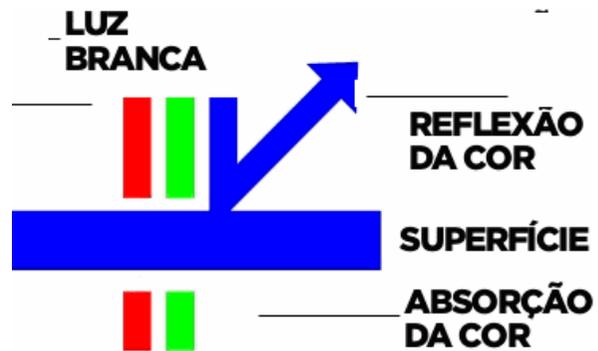
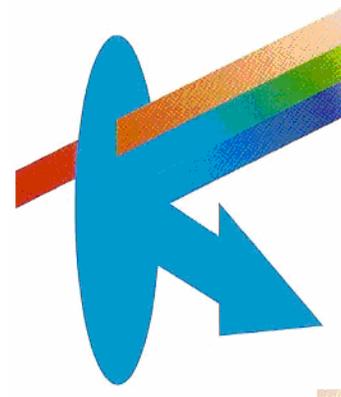
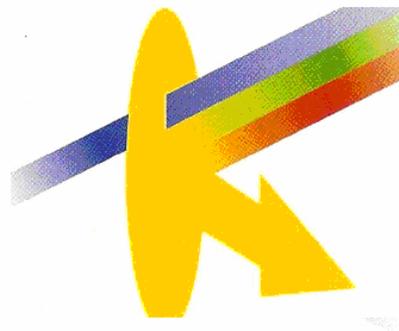
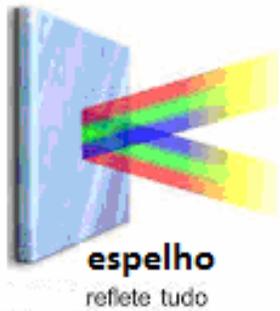
Formas cilíndricas e cônicas



Cuidado parecem =mas não são



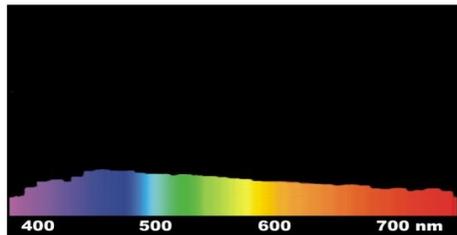
Subtração de energia



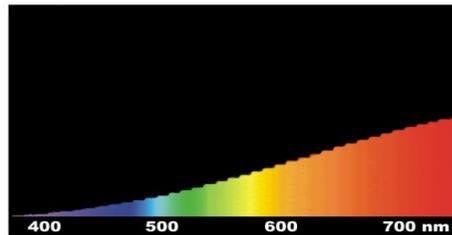
Fontes de Iluminação

Gráficos intensidade x comprimento de onda de diversas luzes

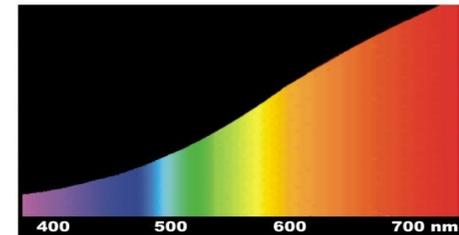
IRC=Índice de Reprodução de Cores



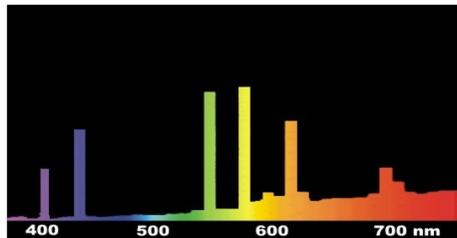
Radiação Solar



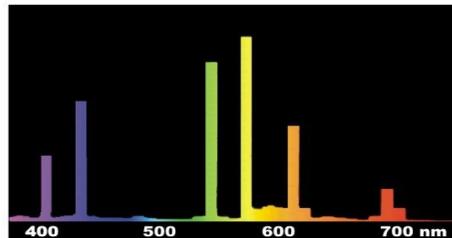
Lâmpada Incandescente



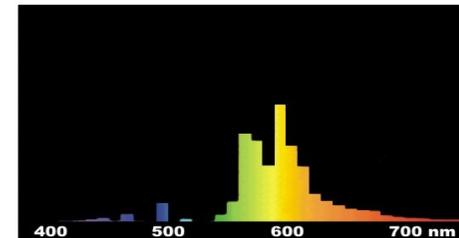
Lâmpada Halógena



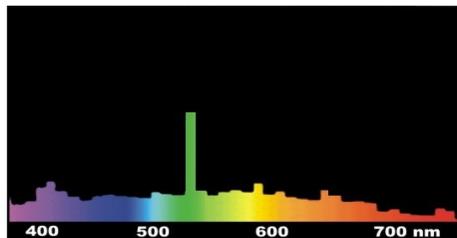
HWL Luz Mista



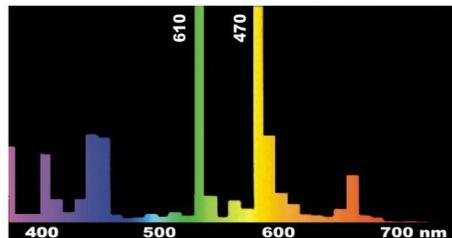
HQL Vapor de Mercúrio



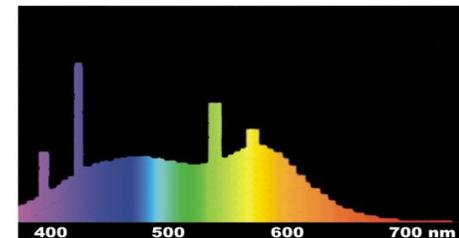
NAV Vapor de Sódio



HQL.../D Multivapores Metálicos



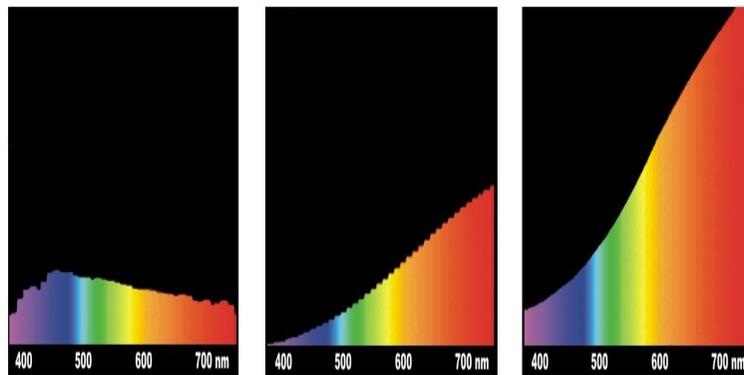
HQL.../N Multivapores Metálicos



Fluorescente Luz do Dia Especial

Exemplo de luz branca:

- Luz do dia: emissão em todas as frequências

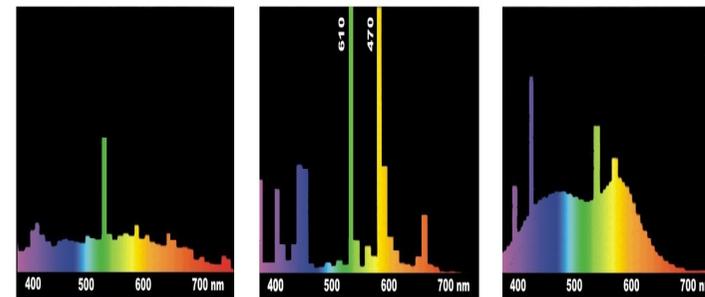


Radiação Solar

Lâmpada Incandescente

Lâmpada Halógena

Em oposição a emissão em
uma frequências predominante



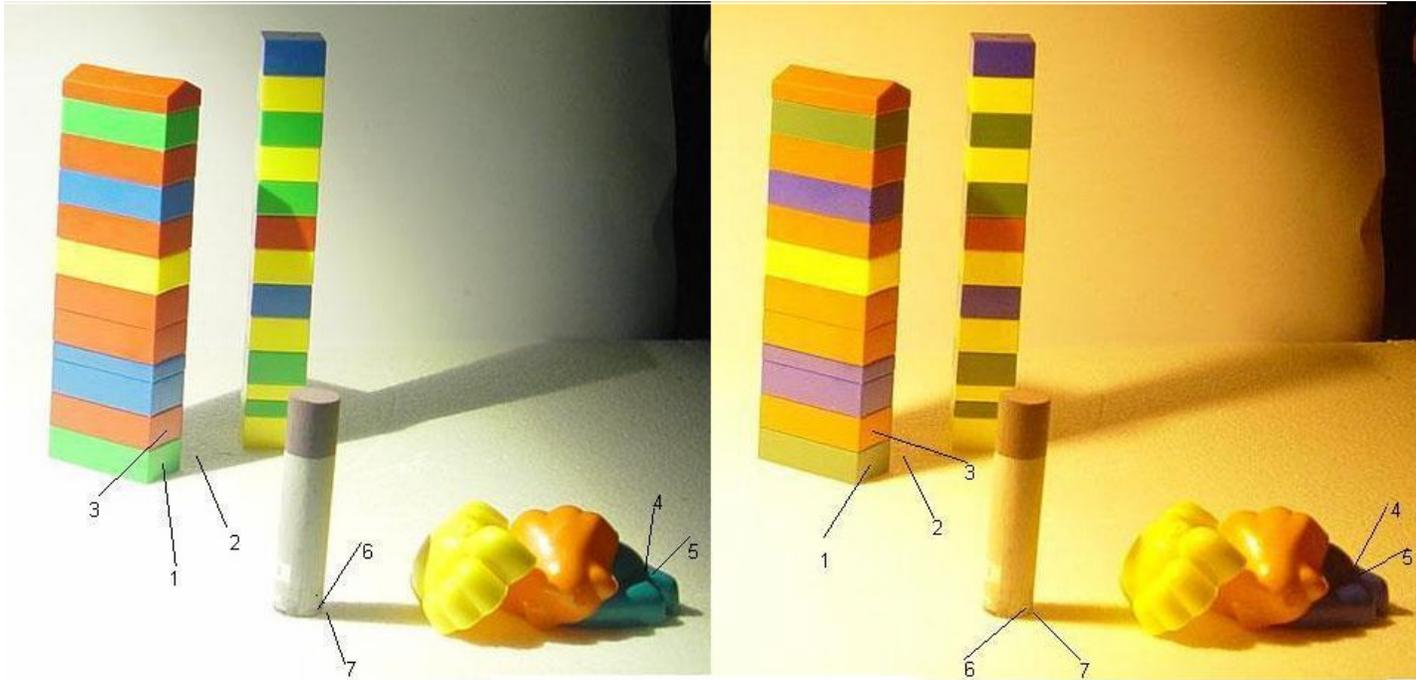
HQL.../D Multivapores Metálicos

HQL.../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.

2.4. Iluminação

Fontes: - naturais (sol, fogo, estrelas)

- artificiais (vídeo, TV, lâmpadas).

Tabela 2.4. Classificação das lâmpadas

Classificação Geral	Tipos Especiais	Modelos
Incandescentes	Refletores	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	

2.4. Fontes de Iluminação

A iluminação e as cores

As características da cor de uma lâmpada são definidas por:

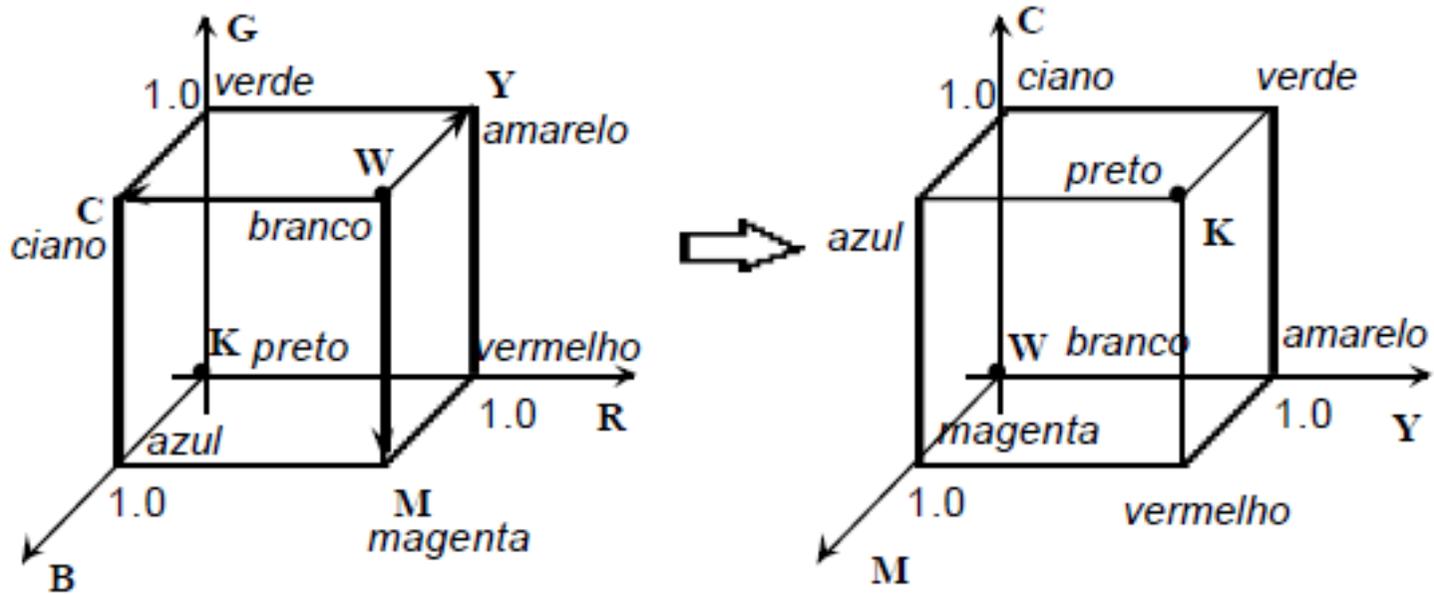
- sua aparência de cor (atributo da temperatura de cor);
- sua capacidade de reprodução de cor (atributo que afeta a aparência de cor dos objetos iluminados).

Tabela 2.5 – 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)

Sistemas de cores subtrativos CMY

$$(c,m,y) = (1-r, 1-g, 1-b)$$

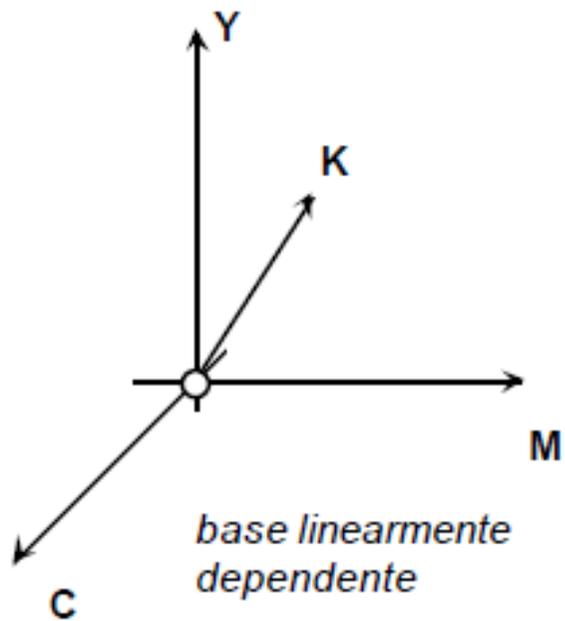


Mas sempre se pode ter

Mais coordenadas, linearmente dependentes!

Sistemas de cores subtrativos
CMYK

CMYK



$$K := \alpha \min (C, M, Y)$$

$$\alpha \in [0,1]$$

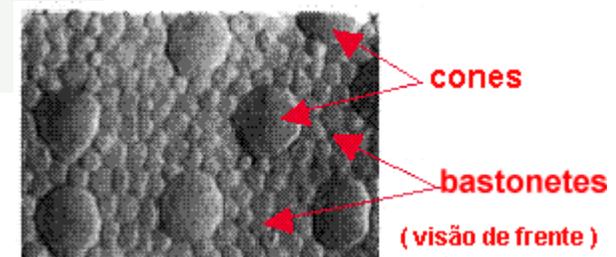
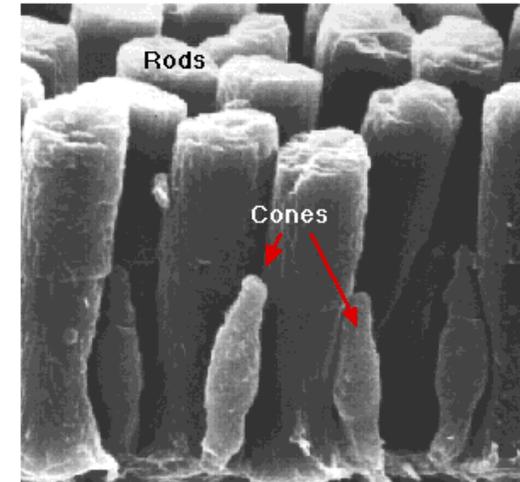
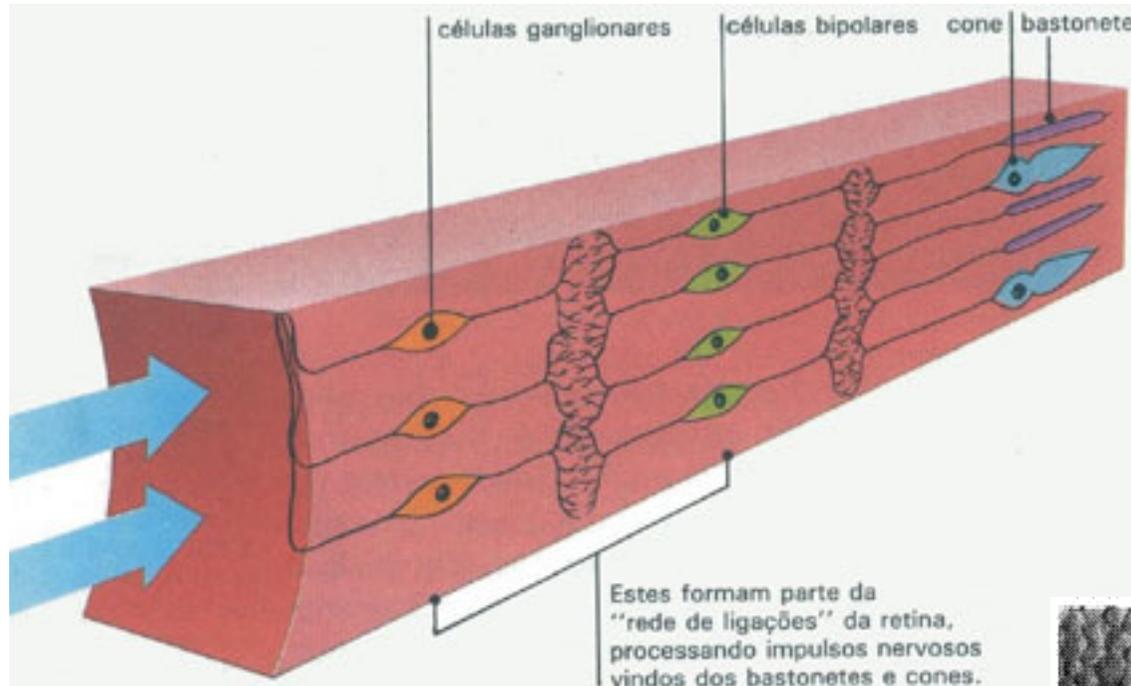
$$C := C - K$$

$$M := M - K$$

$$Y := Y - K$$

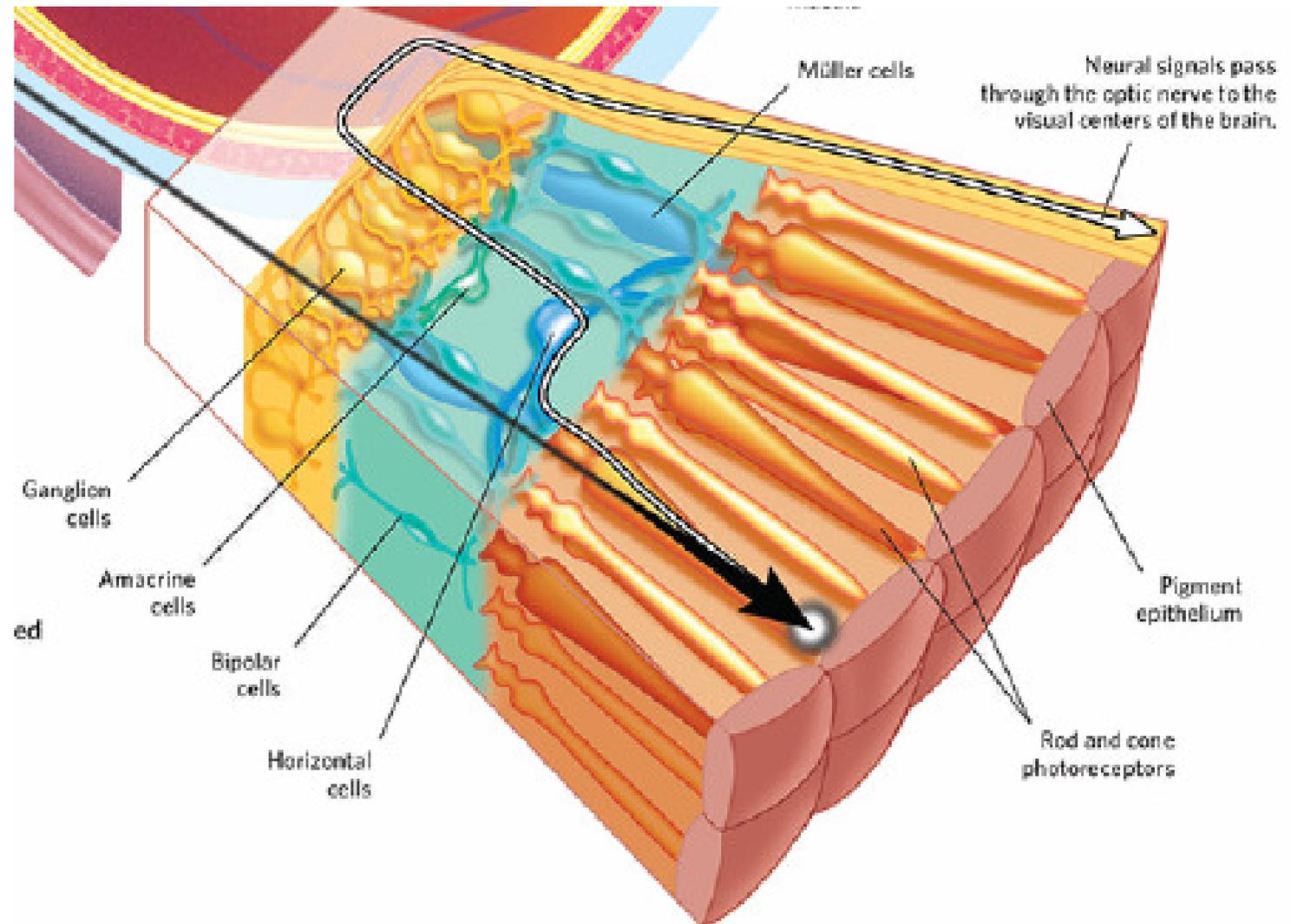
Sistema de Visão Humana

Esquema x real



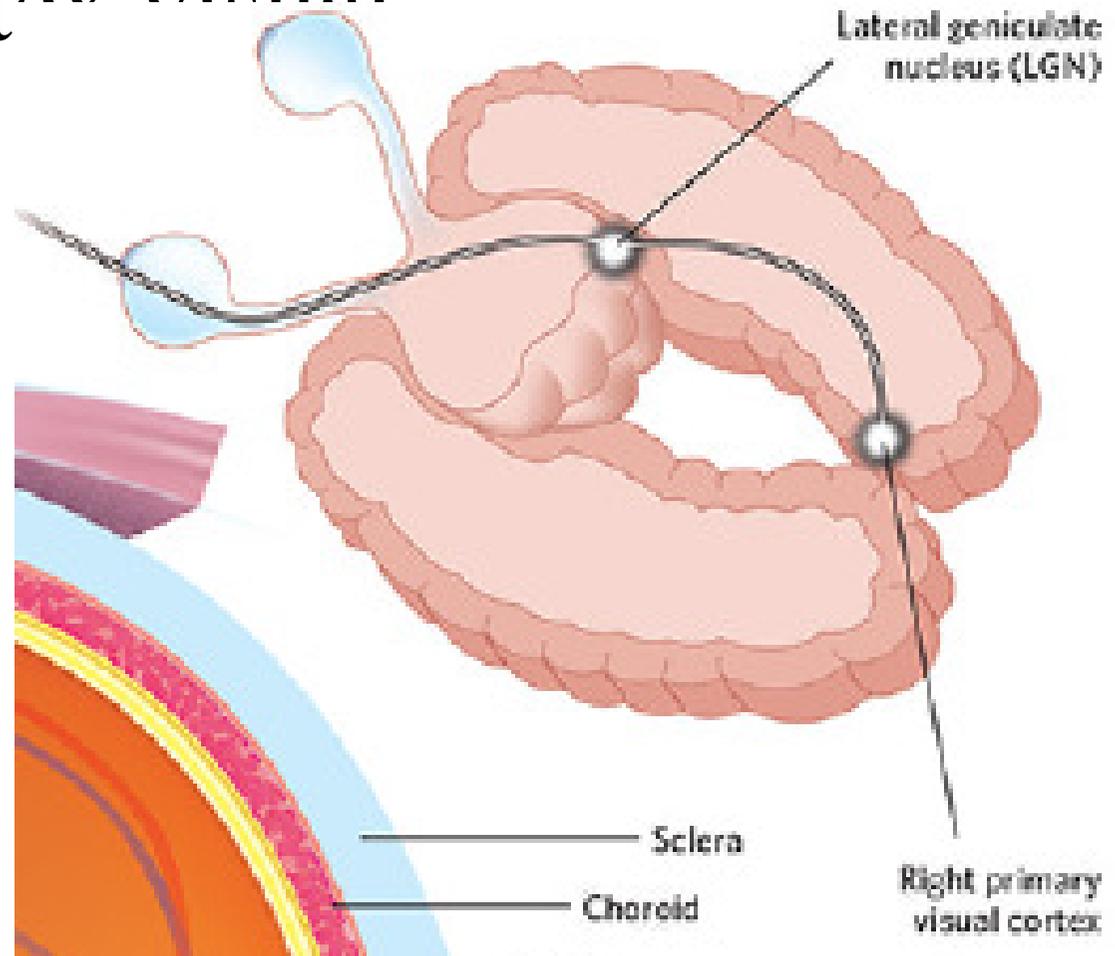
A luz atravessa as

fotoreceptores no final da retina a luz deve atravessar outras camadas



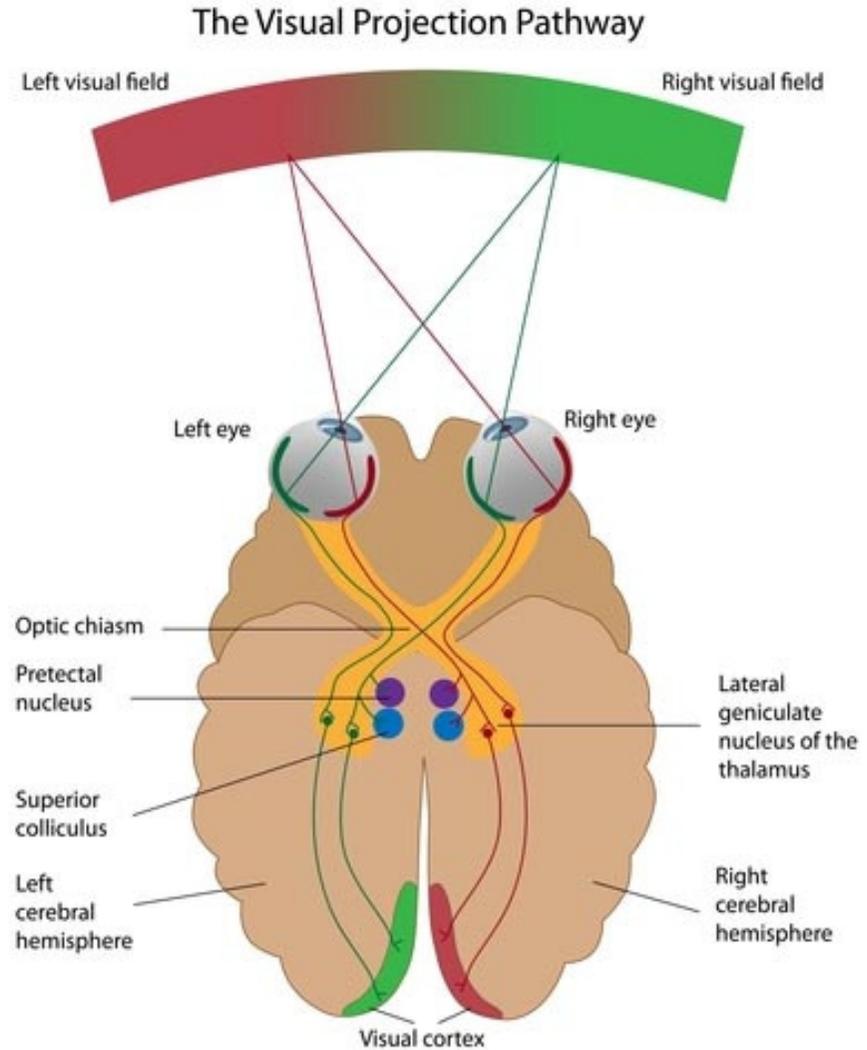
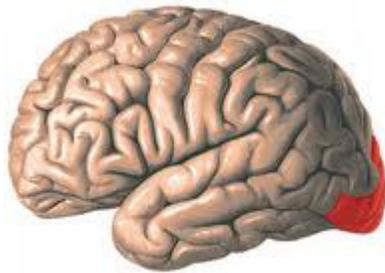
O nervo óptico leva os sinais visuais a diversas regiões do cérebro e aos 2 hemisférios, neste caminho passam pelo Núcleos Laterais Geniculares (LGN) até o cortex visual

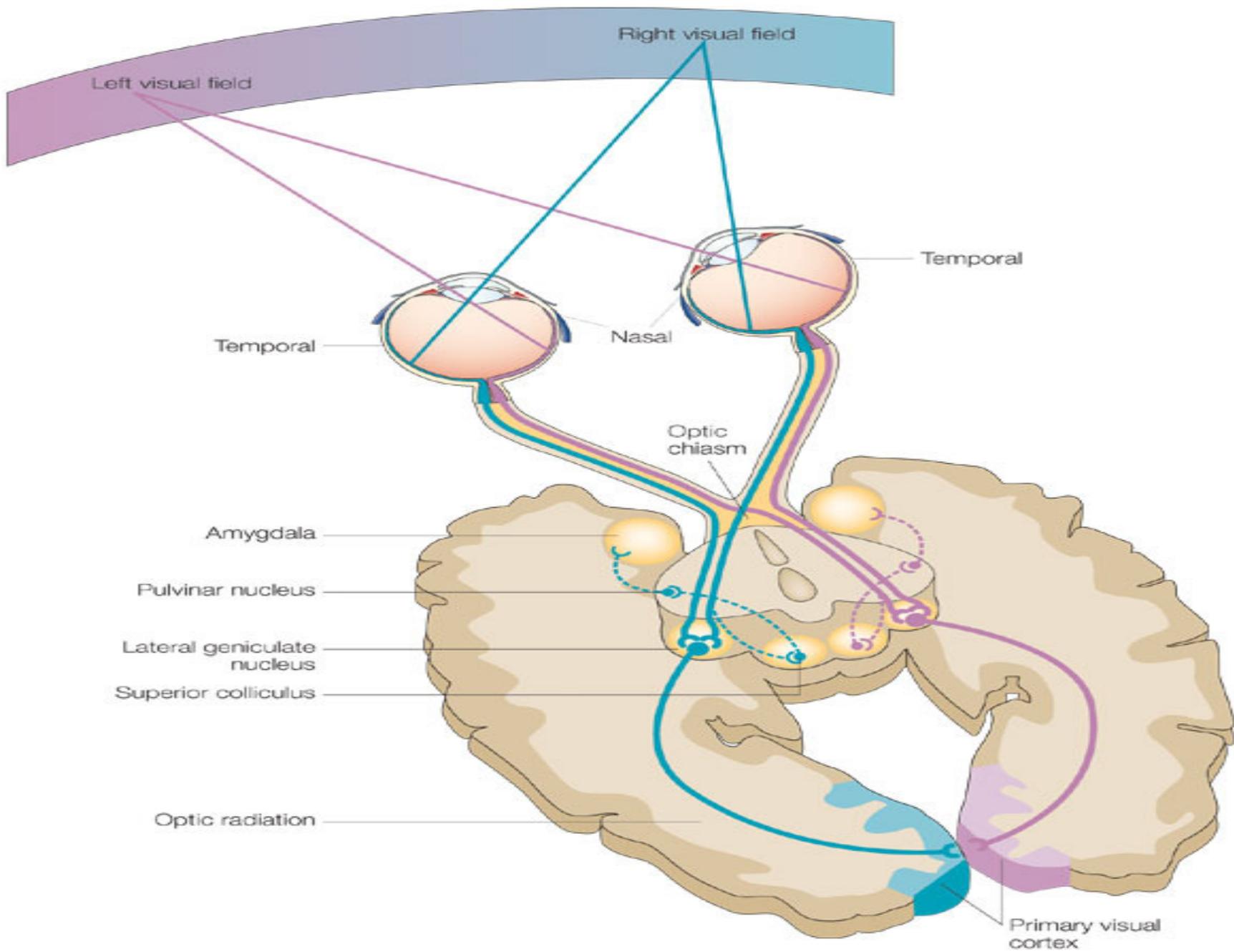
Núcleos Laterais Geniculares (LGN)
Campos visuais do mesmo lado de cada olho



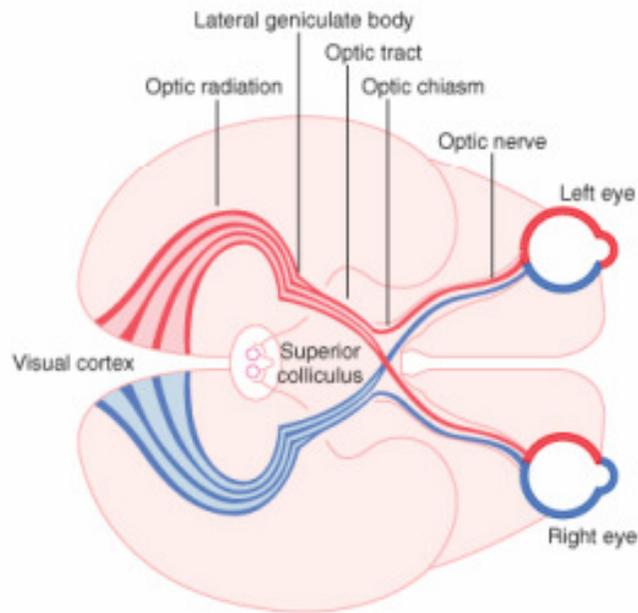
Núcleos Laterais
Geniculares (LGN)
Campos visuais do lado
direito de cada olho é
tratado no LGN do lado
esquerdo

córtex visual





NEUROFISIOLOGIA CENTRAL DA VISÃO



Outras áreas do cérebro que recebem inervação das fibras visuais:

1. Núcleo supraquiasmático do hipotálamo
2. Núcleos pré-tectais (controle da fixação dos olhos e reflexo pupilar)
3. Colículo superior (controle do movimento bilateral)

- Nervo óptico
- Quiasma óptico – fibras das 2 metades nasais da retina cruzam para o lado oposto e se unem às fibras das retinas temporais opostas – feixes ópticos
- Núcleo geniculado lateral
- Córtex óptico ou visual primário

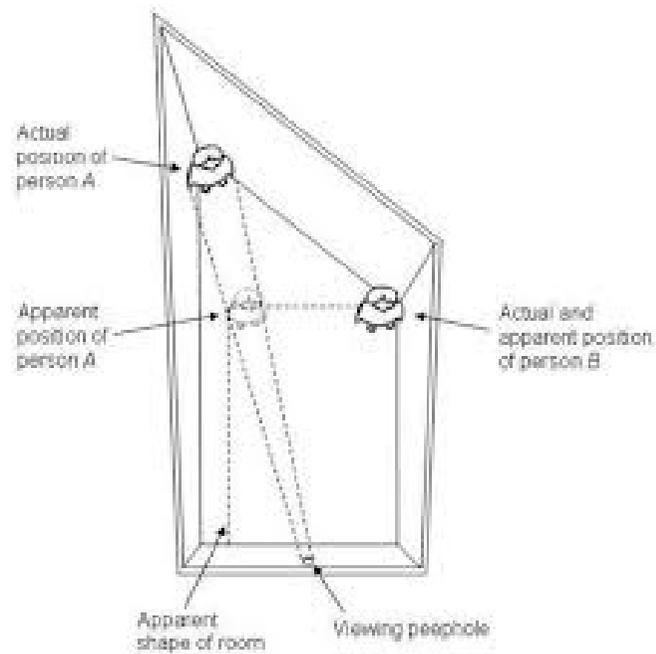
lei de Emmert

Ilusão de ótica chamada de quarto de Ames:

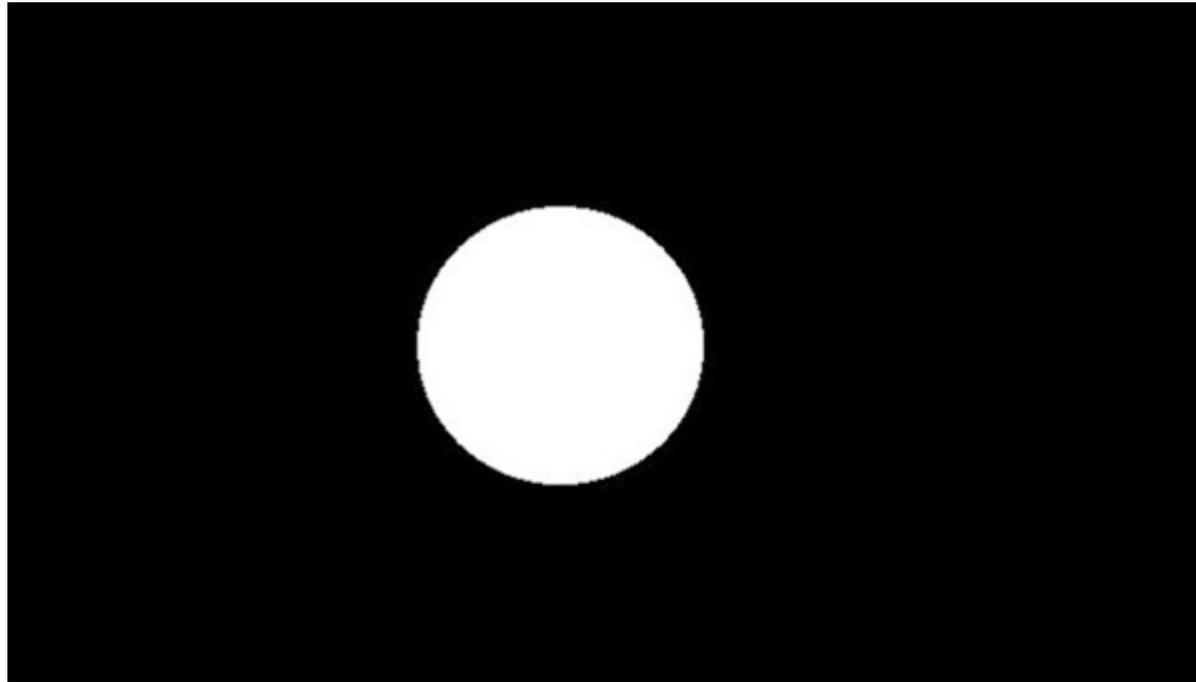
<http://redepsicologia.com/o-quarto-de-ames-lei-de-emmert>

Tamanho e distância são sempre interpretados juntos no nosso sistema visual que espera um mundo em perspectiva e lados paralelos, quando não há ponto de fuga

Quarto de Ames



lei de Emmert



Experimento:

Olhe para o círculo branco por cerca de 45 segundos. Depois, olhe para um pedaço de papel branco em sua mesa.

Em seguida, se levante para que o papel esteja mais longe de seu rosto.

Então olhe para uma parede branca.

Quando se olha para o papel de perto, a pós-imagem do círculo branco aparece mais ou menos do mesmo tamanho que está na tela.

Quando a pessoa se afasta, ele parece ser do tamanho aproximado de um limão pequeno.

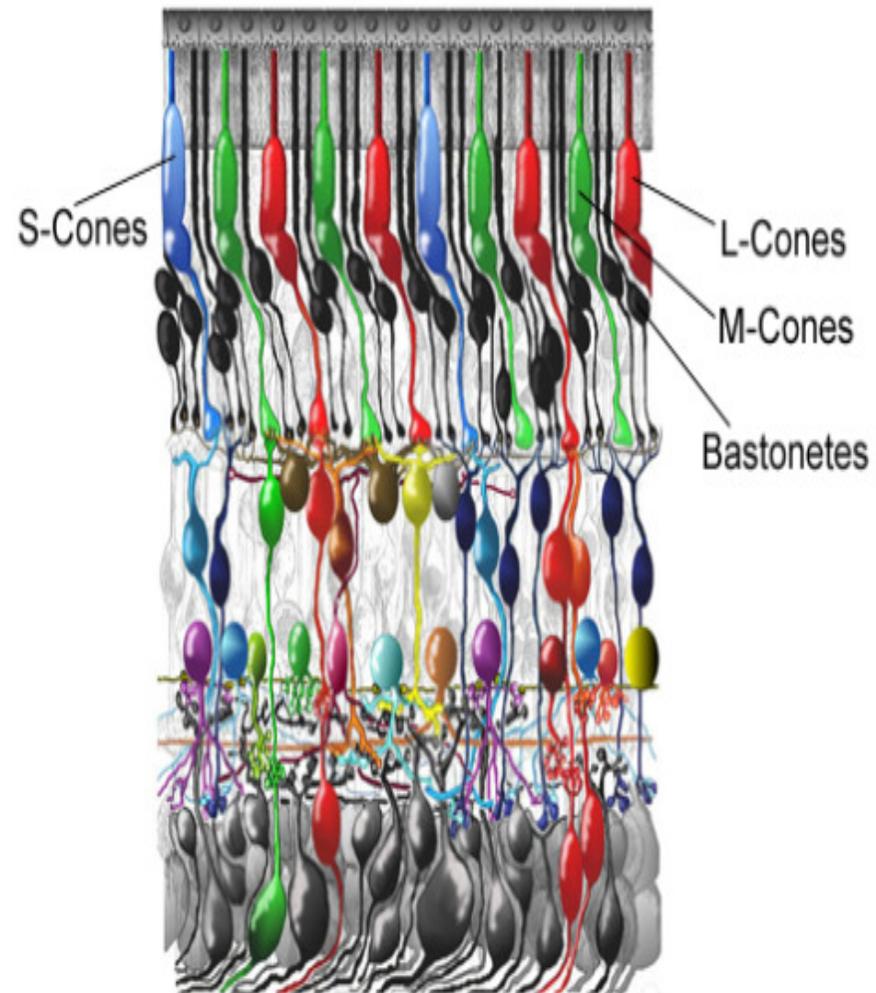
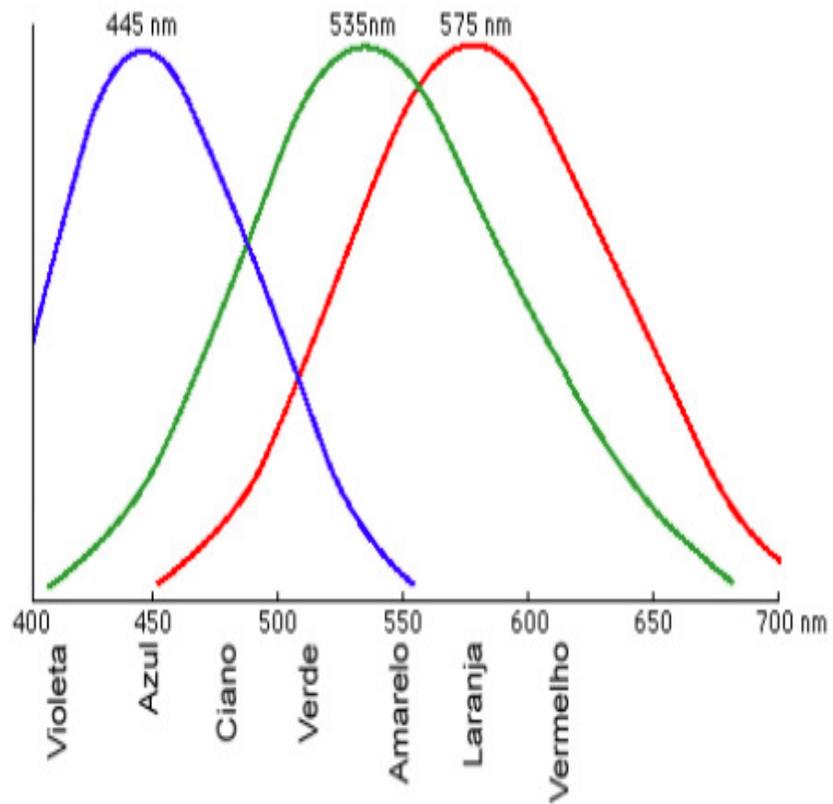
Quando se olha para a parede, ela fica do tamanho de um prato.

After Images

São outros exemplos de como o sinal resultante da luz tem **tratamento de cor e contraste diferenciados pelo sistema visual humano.**

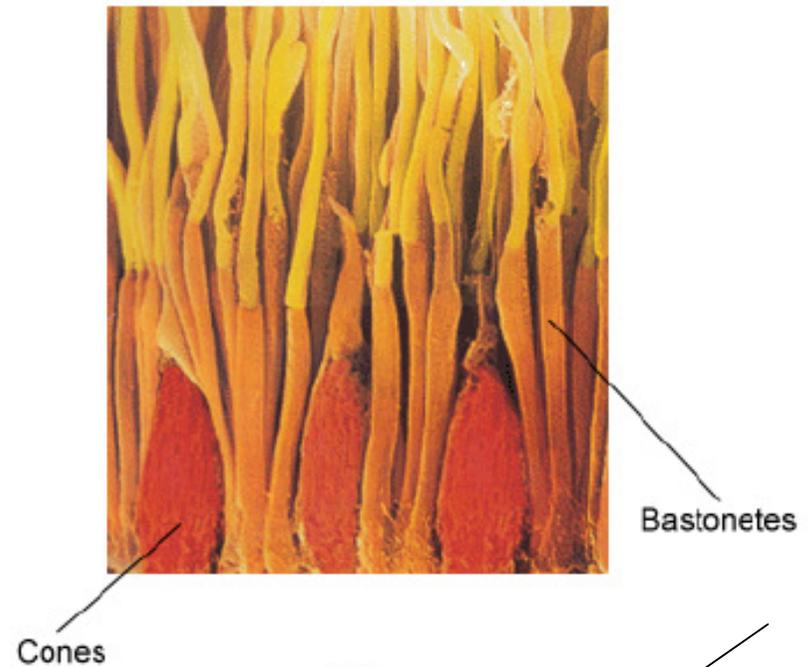
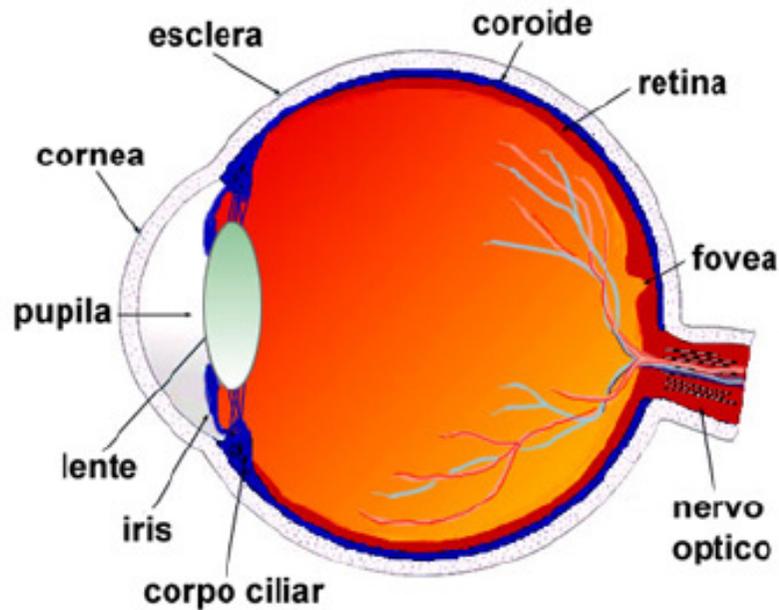
E esta divisão é responsável por **percepções independentes das formas e suas cores.**

Curvas de respostas dos 3 tipos de cones



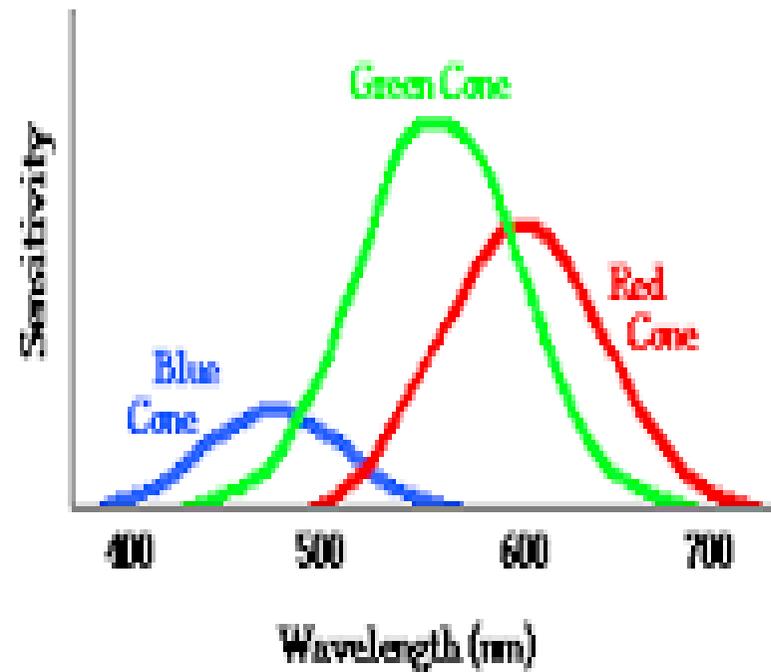
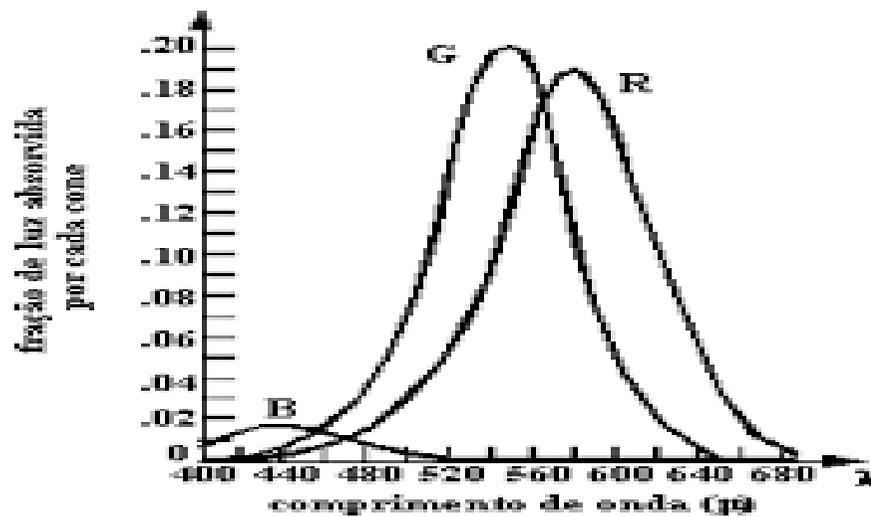
Olho humano e células da retina

Os cones são cerca de 7 milhões,



cerca de 125 milhões

Mas essas características das Cores não explicam as After colors



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 codificação da cor mais seletiva

A percepção da cor é o resultado da estimulação do órgão visual pela energia luminosa (luz).

Em 1664, Isaac Newton fez surpreendentes descobertas sobre a luz e as cores.

Estudando a composição de cores do arco-íris que é formada quando os raios luminosos atravessam as gotas da chuva, Newton as reproduziu fazendo incidir raios luminosos sobre alguns prismas e lentes.

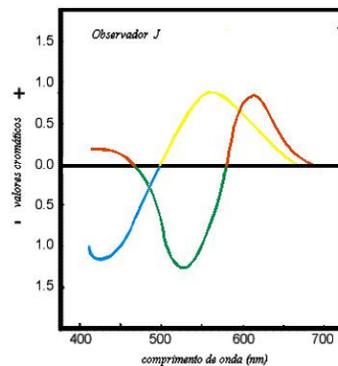
A faixa luminosa que obteve é conhecida como “espectro solar” e é composta pelas 7 cores visíveis: violeta, azul, ciano, verde, amarelo, alaranjado e vermelho.

Percepção de Cor

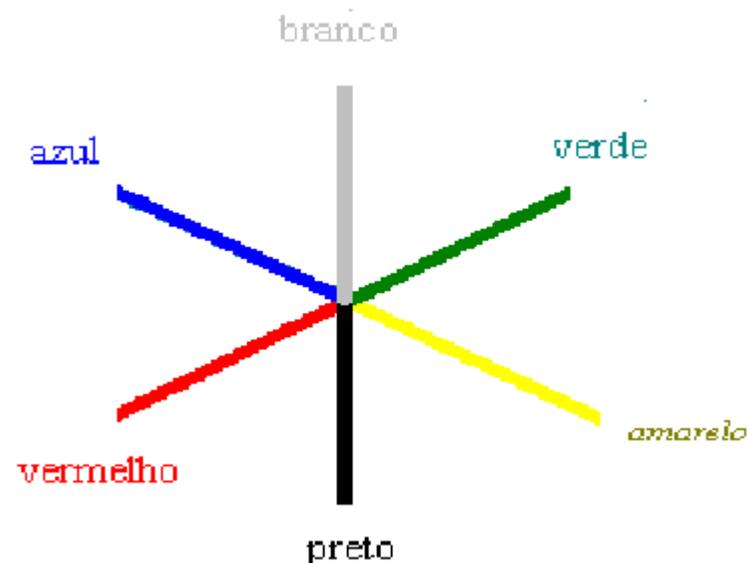
Mais sobre as deficiências cromáticas em:

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

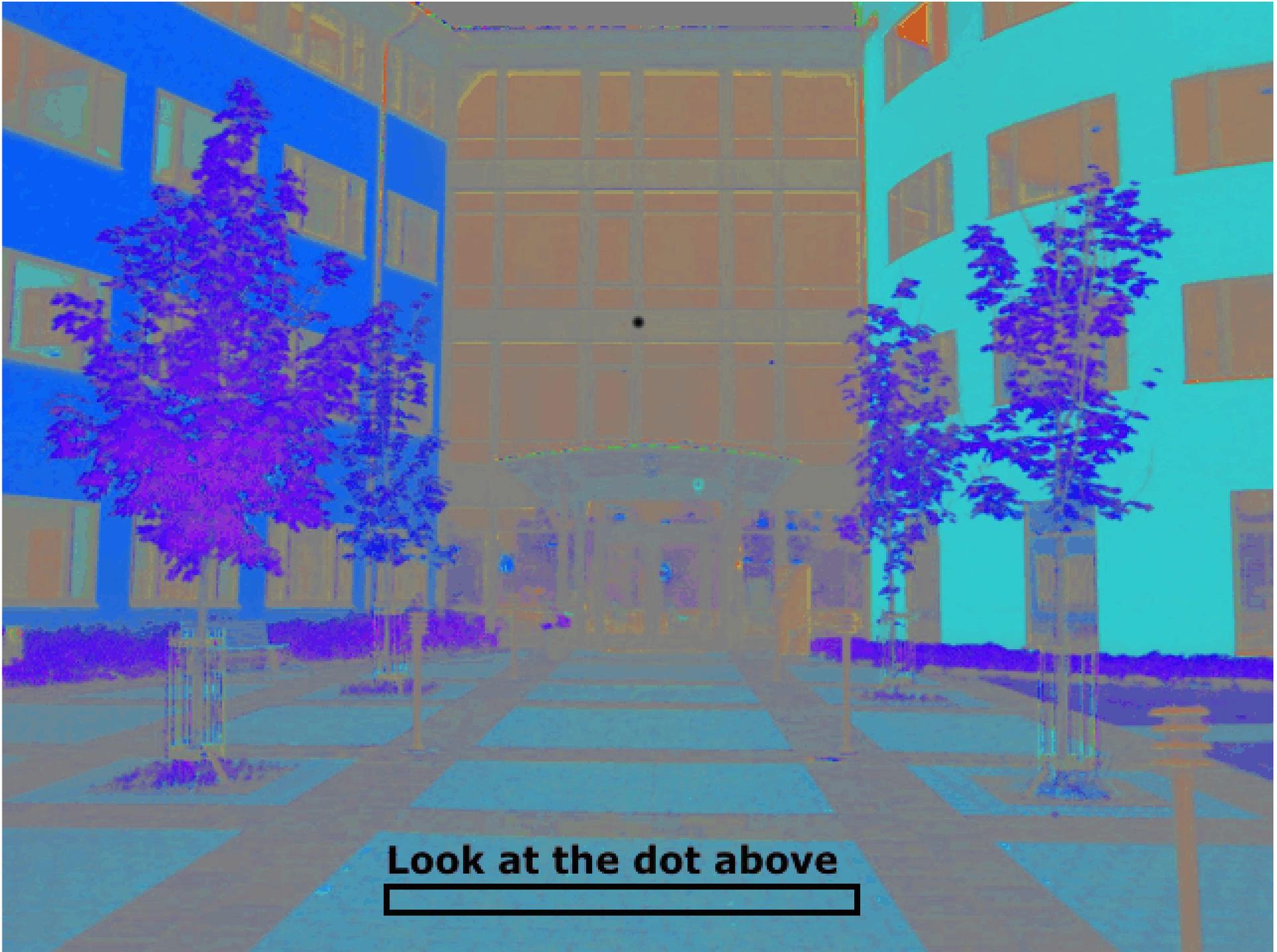


Espaço de cores opponentes

Funciona então com 4 cores básicas:

Vermelho verde Amarelo e Azul

Além do Branco e Preto



Look at the dot above

Na parte maior da imagem
à **magenta**, você deve ter
visto sua Complementares

:

verde

magenta = **vermelho** + **azul**

Para o Branco faltaria o verde que o completa.

Azul+ **Vermelho**+ **verde**

Idem para a área **azul**: você deve ter visto
amarelo!!

Mas e as pequena áreas, você viu branco?

Depois de olhar isso por 30

s

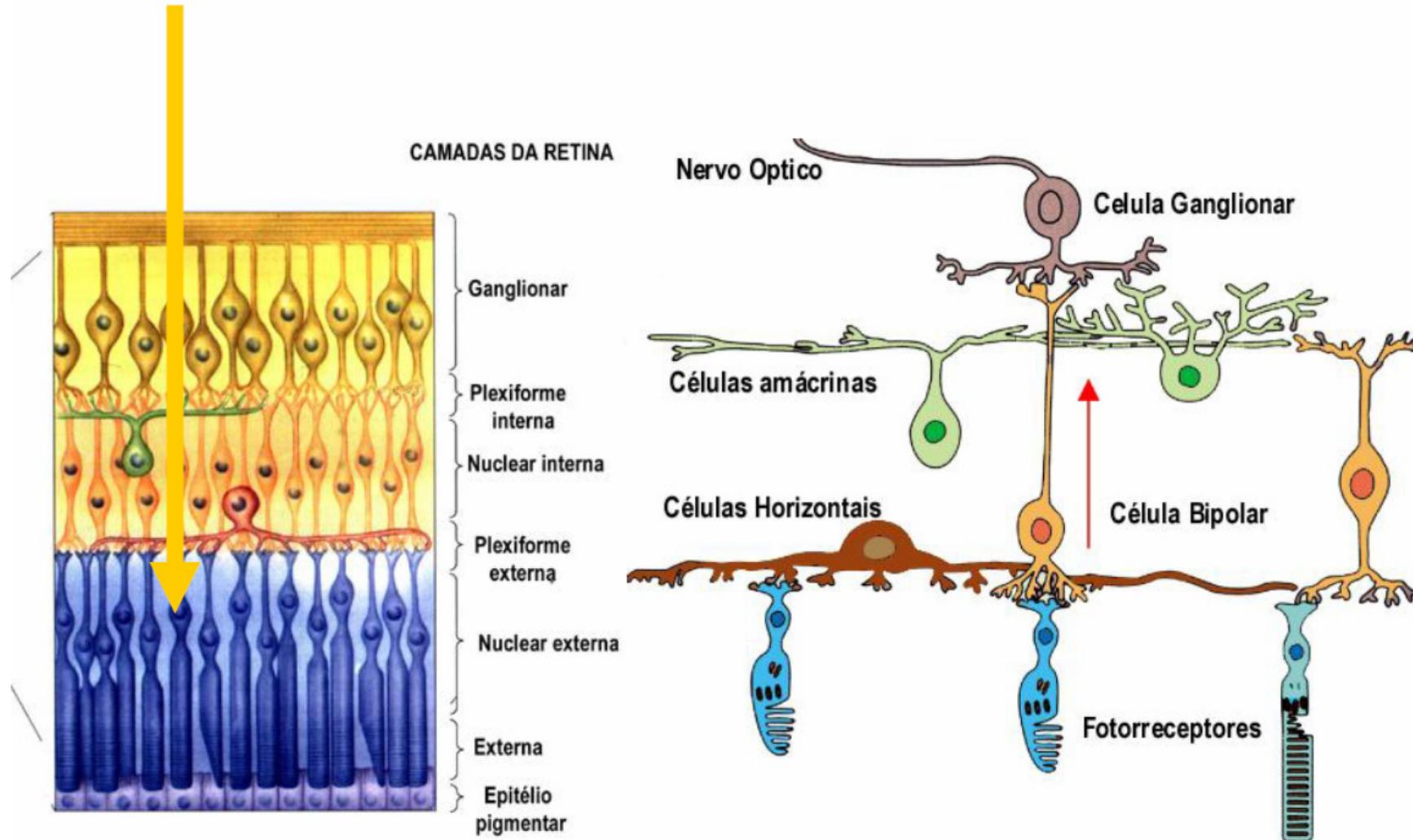


E olhar algo branco, você **só vê mesmo branco?**

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



Camadas da retina



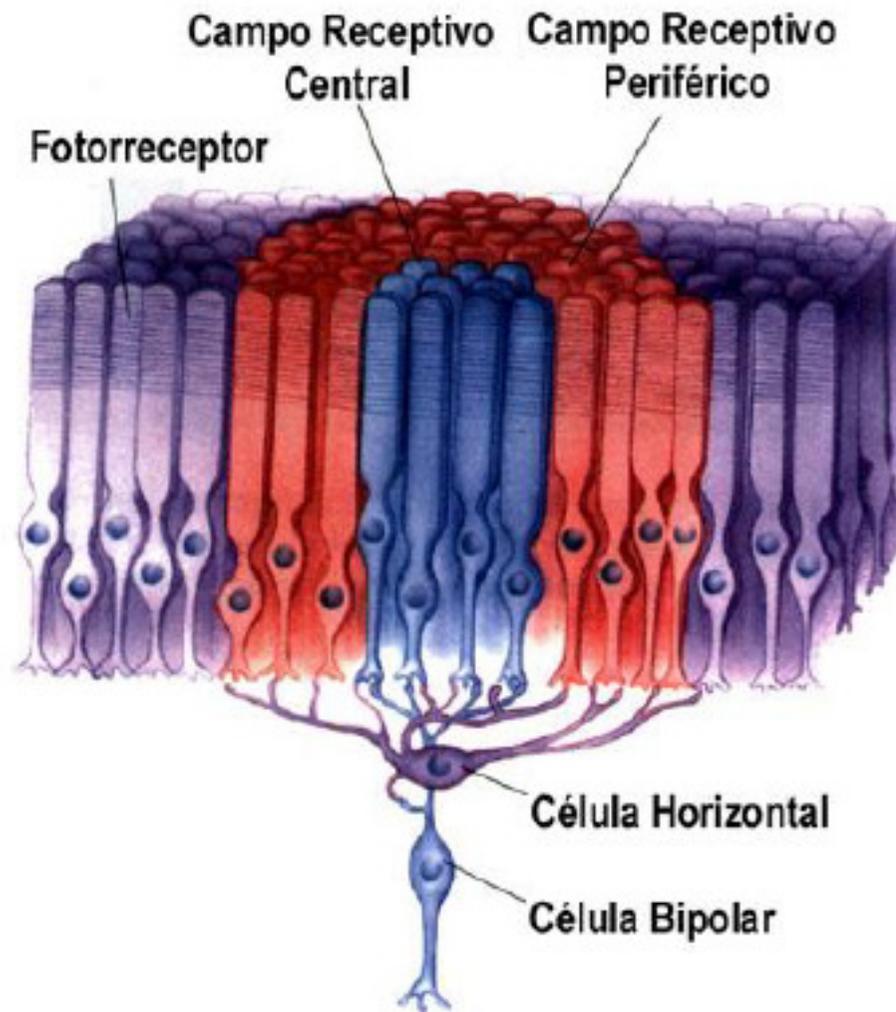
Campos receptivos das células ON e OFF sobrepostos.

Vejamos apenas os ON para efeito didático: repare os campos no local da transição entre um quadrado e outro.

Lembre-se de que as células ON respondem com amplificação quando só o centro está iluminado.

Considere os campos receptores situados entre 2 bordas: para esse conjunto de campos receptores, as células ganglionares ON vão disparar mais amplificação do que aquelas cujos campos receptores estão totalmente iluminadas.

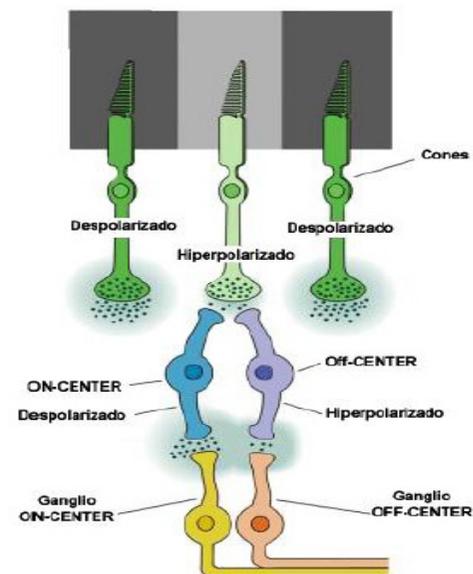
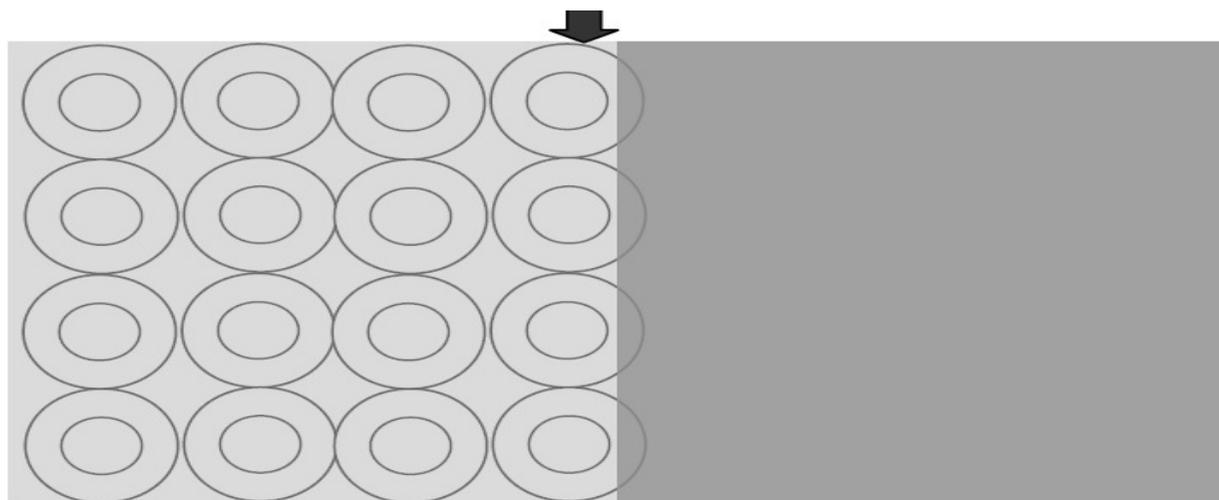
Por isso a área central nos parece mais clara.



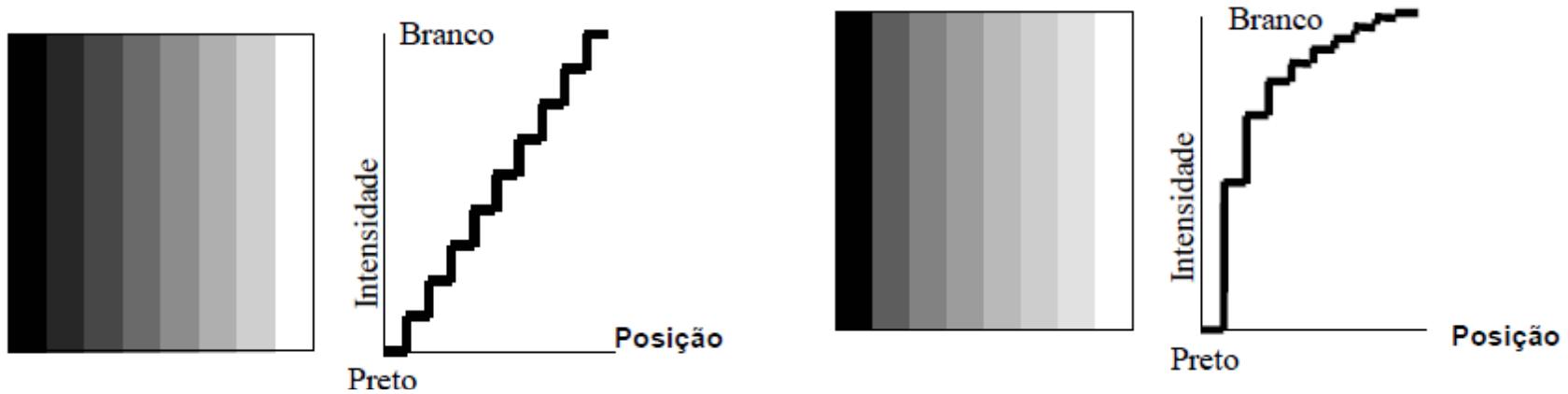
Campo receptivo circular de uma célula bipolar periférica. Note que o campo possui um centro e uma periferia.

Sistema Neural na retina

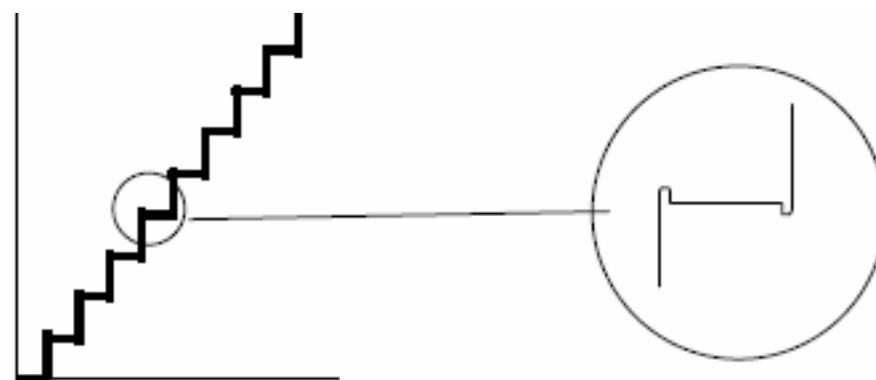
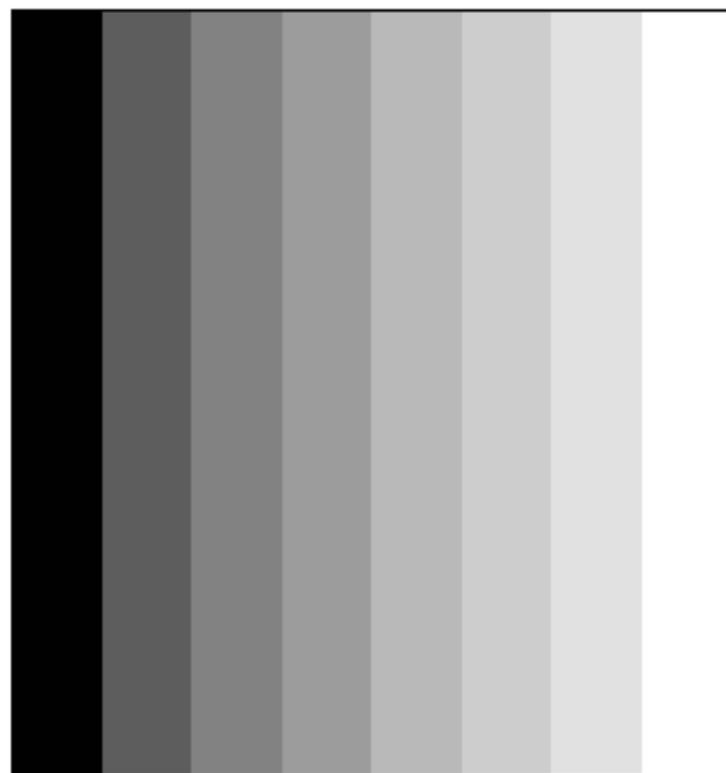
Campos receptores circulares: centro ON
periferia OFF para pares de cores



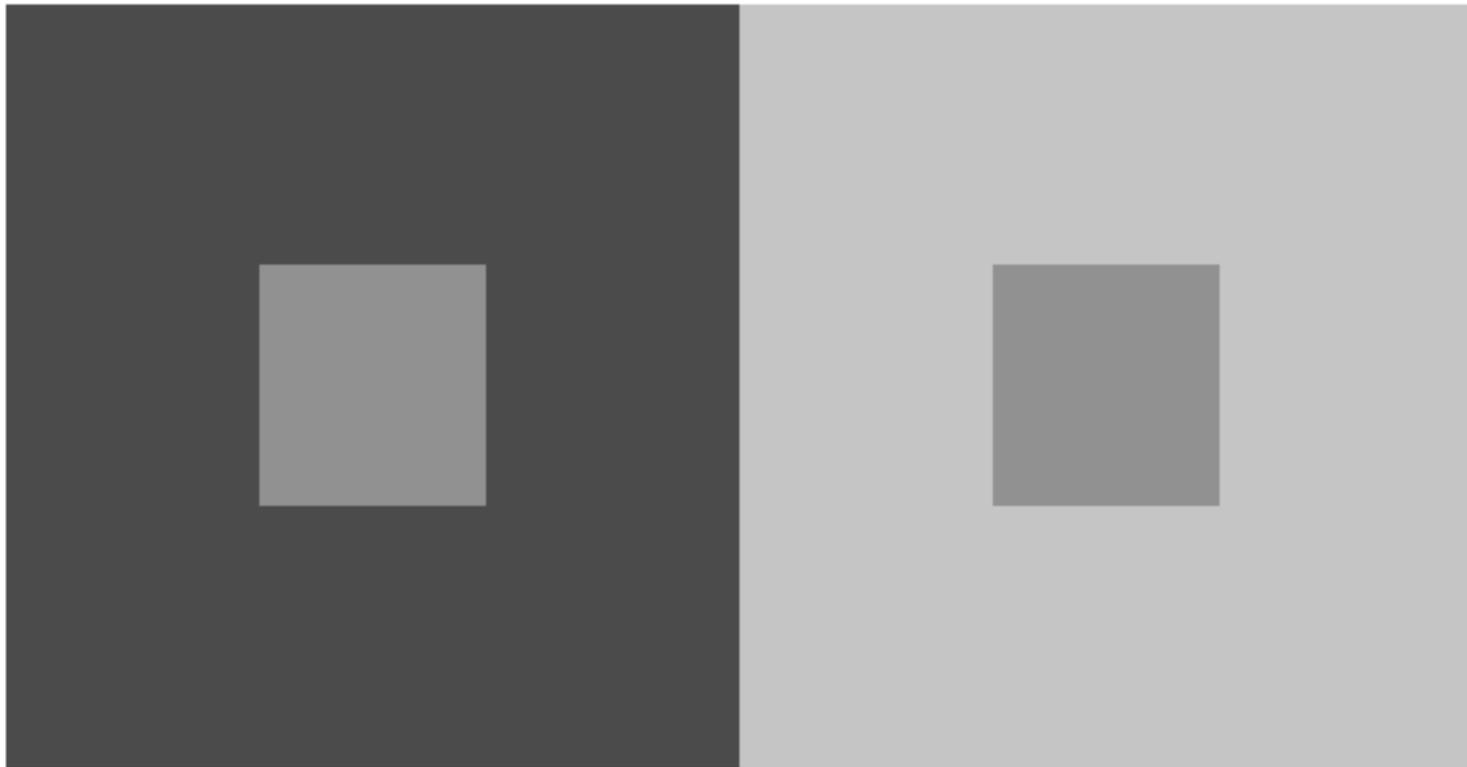
Percepção não linear e não proporcional a intensidade



Banda de Mach



Relação entre contraste e vizinhos



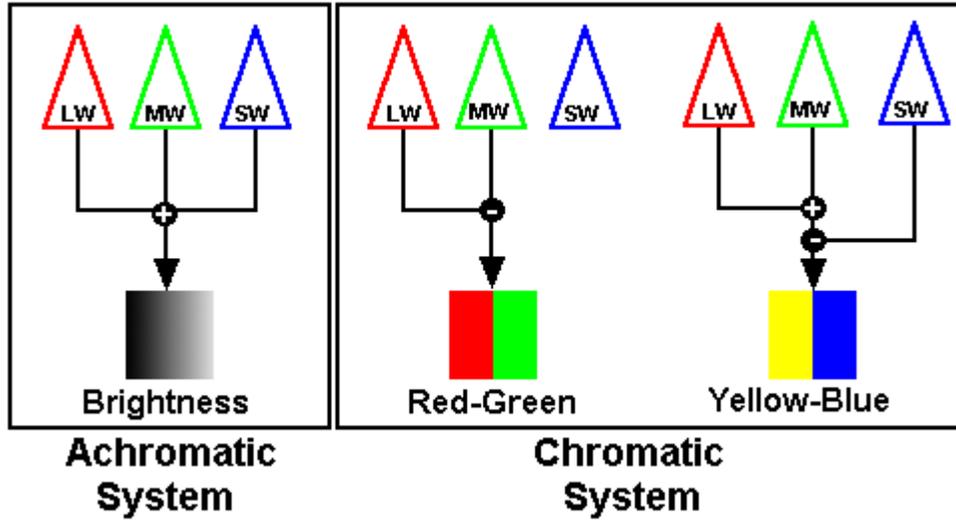
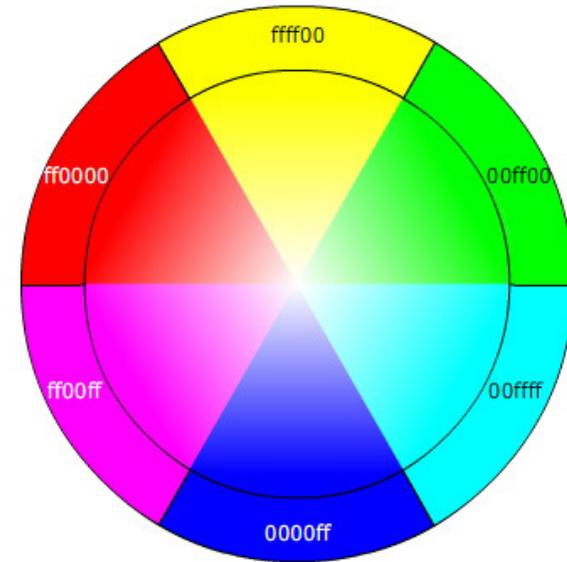
Modelo de Sensações Oponentes

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.



Campos receptivos das células ON e OFF sobrepostos.

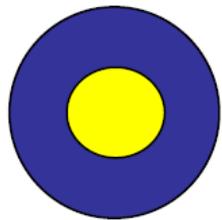
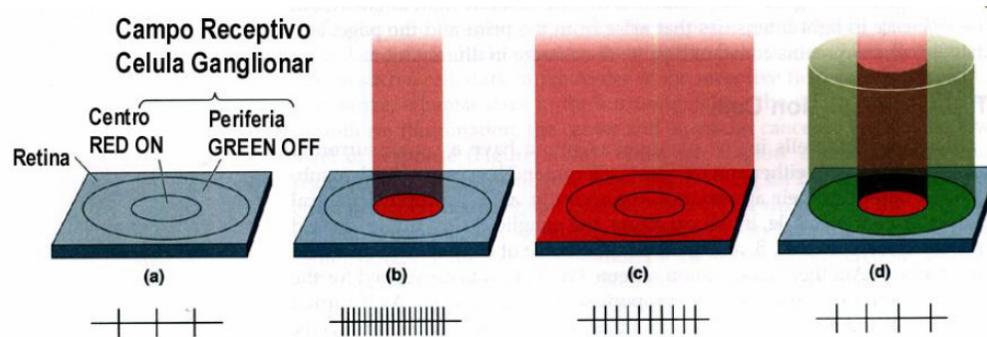
Vejam os campos ON para efeito didático: repare os campos no local da transição entre um quadrado e outro.

Lembre-se de que as células ON respondem com amplificação quando só o centro está iluminado.

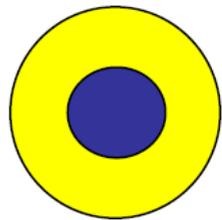
Considere os campos receptores situados entre os 2 quadrados (borda): para esse conjunto de campos receptores, as células ganglionares ON vão disparar mais amplificação do que aquelas cujos campos receptores estão totalmente iluminadas.

Por isso o quadrado central nos parece mais claro.

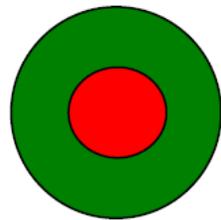
Relação entre contraste e vizinhos nas cores



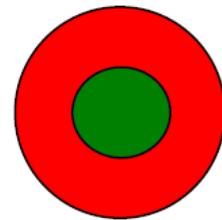
Amarelo ON, azul OFF



Azul ON, Amarelo OFF



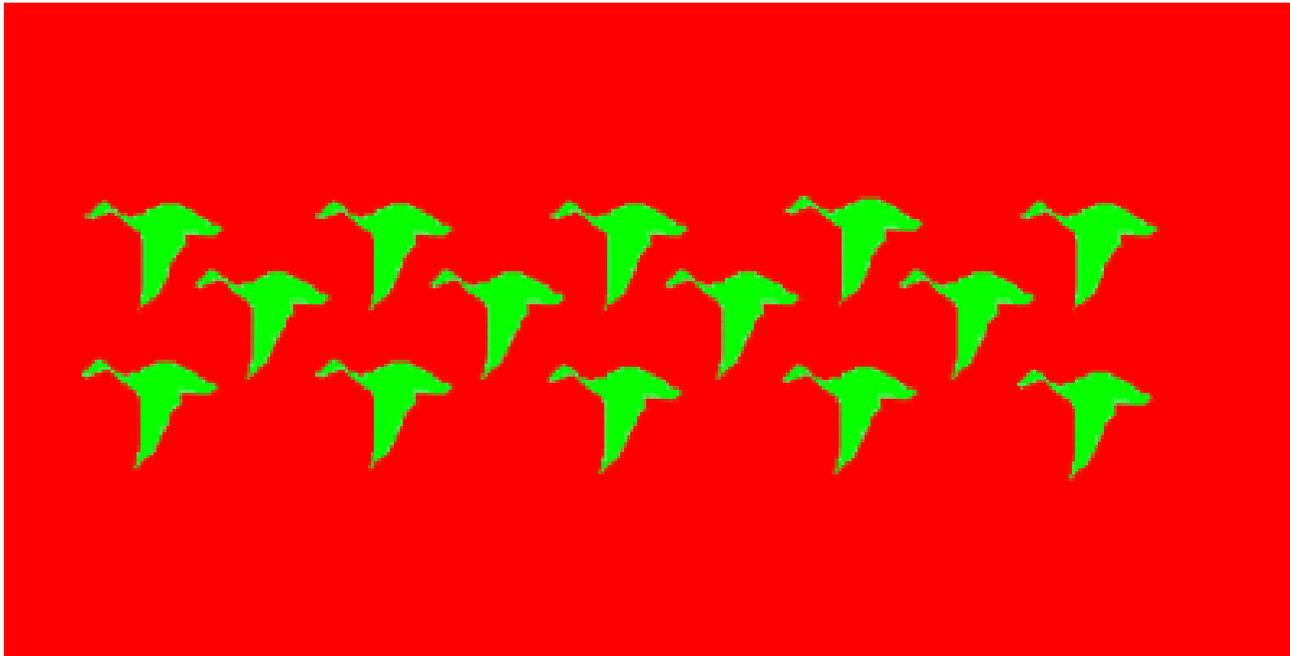
Vermelho ON; Verde OFF



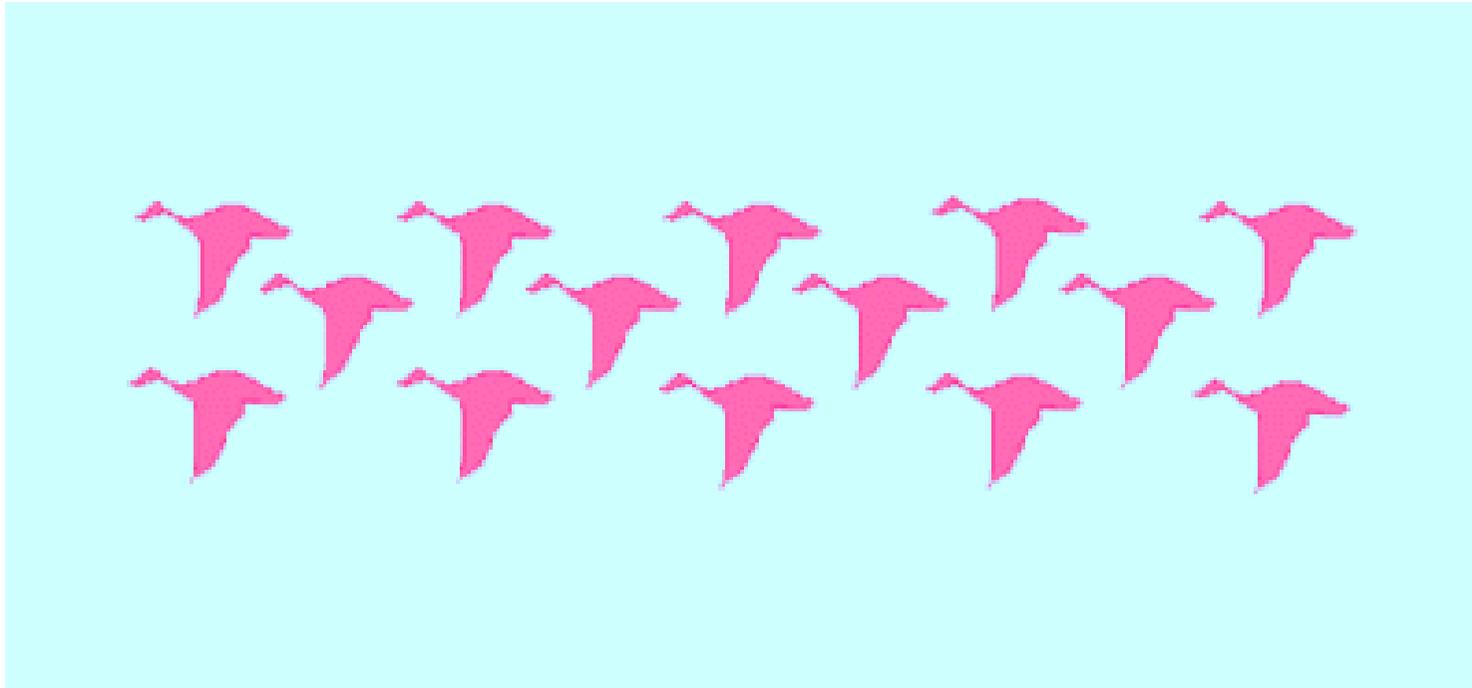
Verde ON; Vermelho OFF

Cores oponentes explicam coisas como: as After Colors or Images

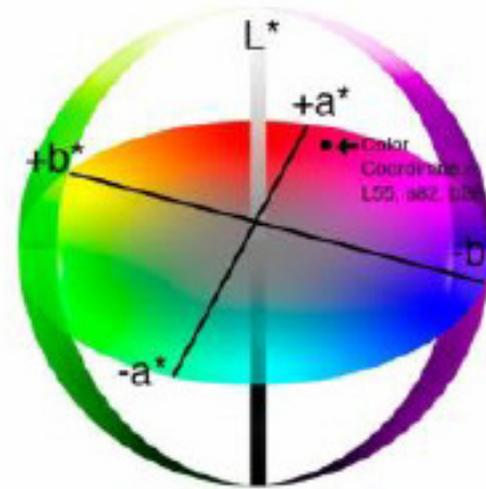
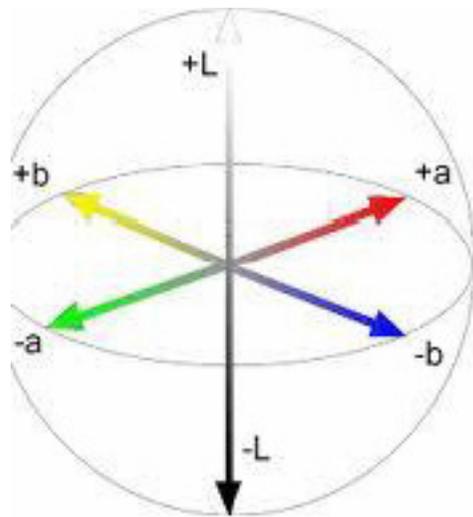
Fixe nesta imagem por pelo menos 20 segundos, depois olhe para uma parede branca que cores você vê?



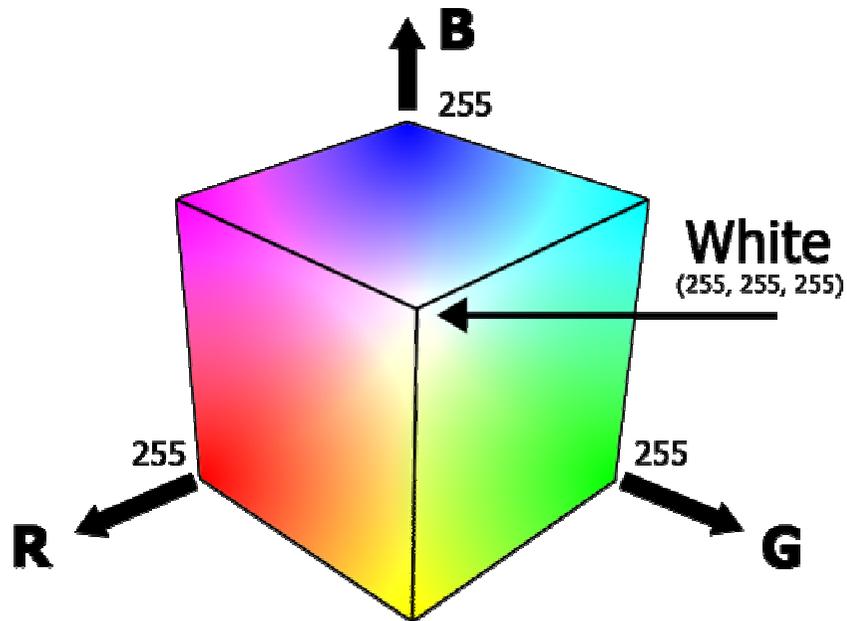
After Colors or Images



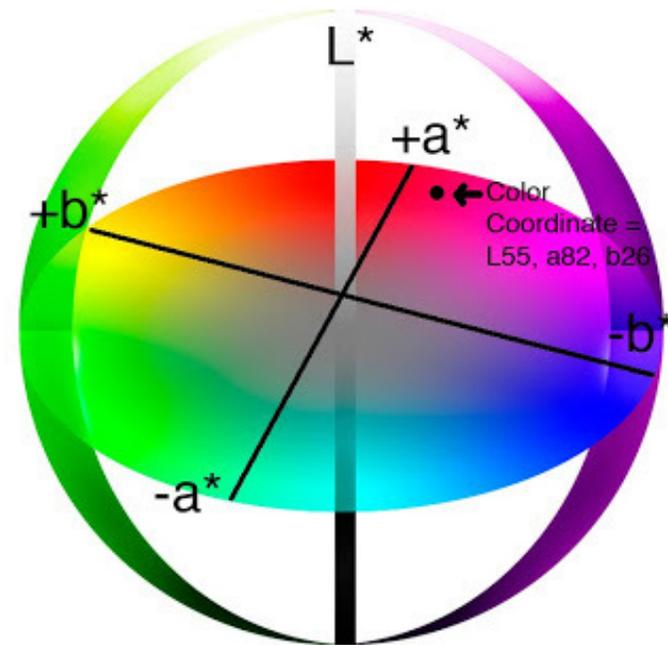
Lab



VISUALIZAÇÃO GEOMÉTRICA

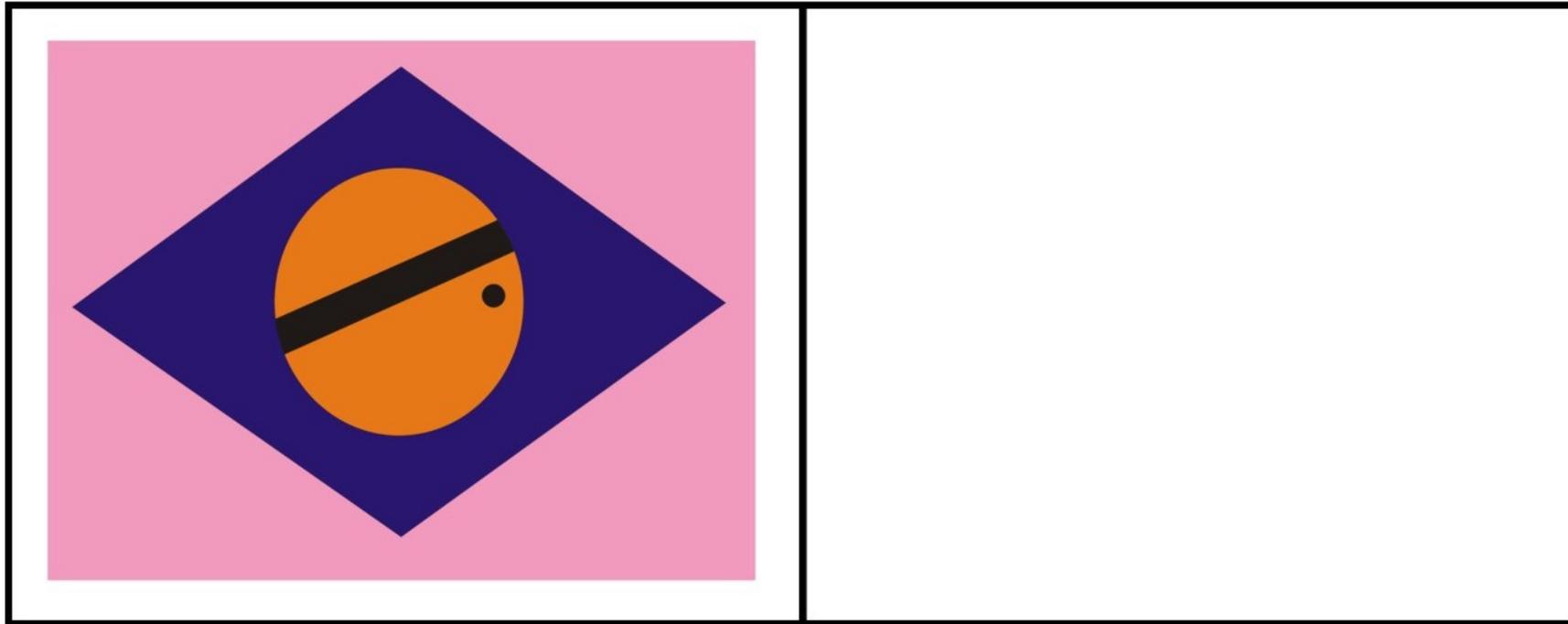


RGB: visualização pelo formato de um cubo, onde não existem posições negativas, e estas variam de 0 até 255 para cada cor primária (R, G ou B).



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.

Voltando as After colors



Precisamos para isso ter uma Saturação na percepção de cores.

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

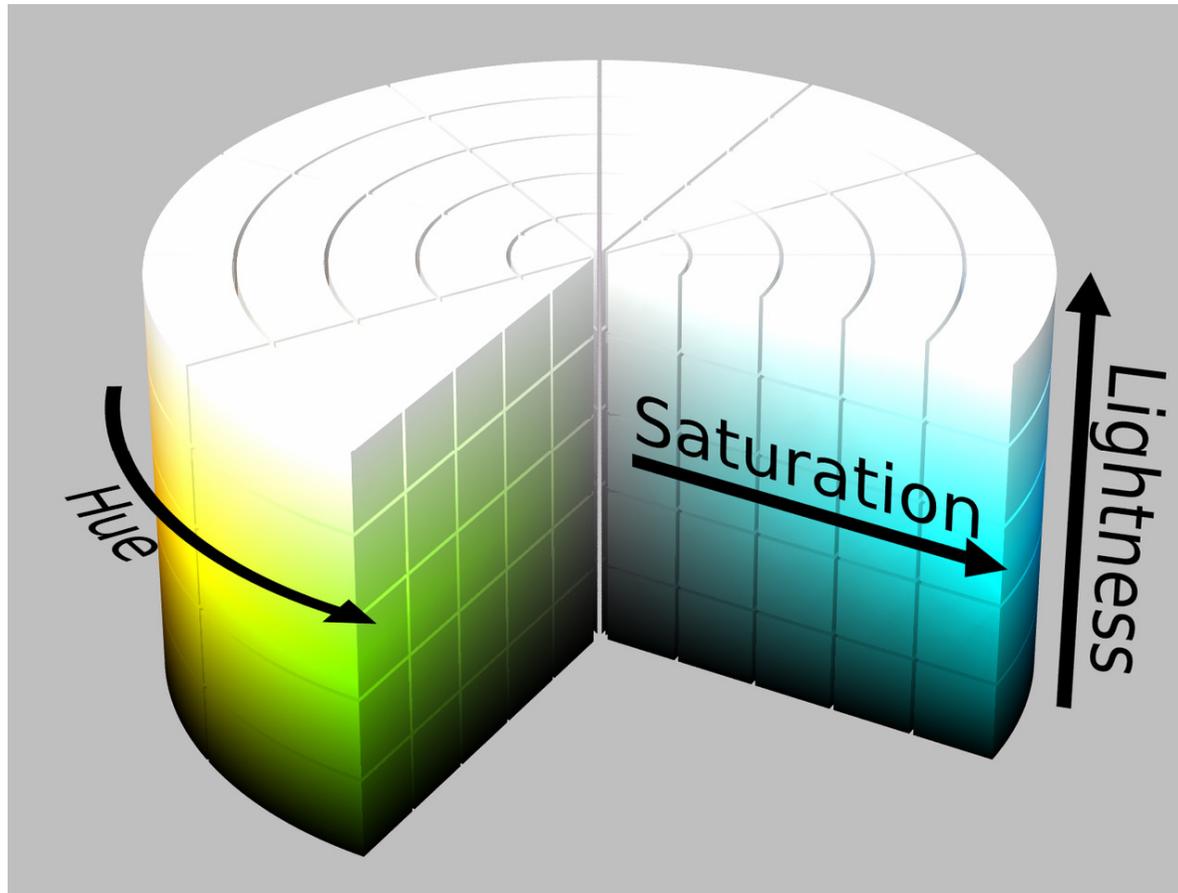
Sempre que se usar

Sombreamento constante em uma área as bordas serão intensificadas, assim sombreamento constante só se usa para

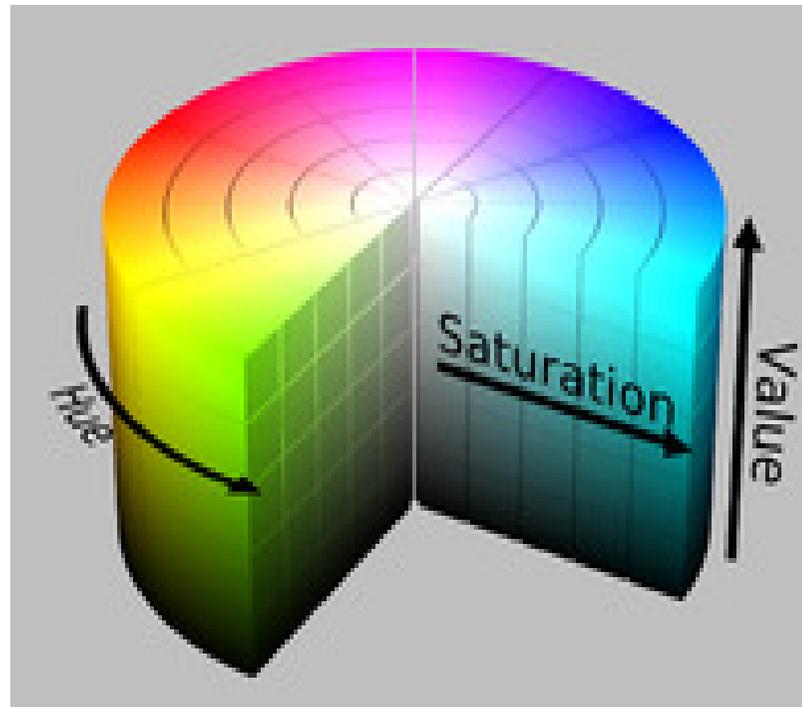
Objetos realmente compostos de áreas planas: poliedros.

Objetos curvos ou naturais, outros modelos de sombreamento!

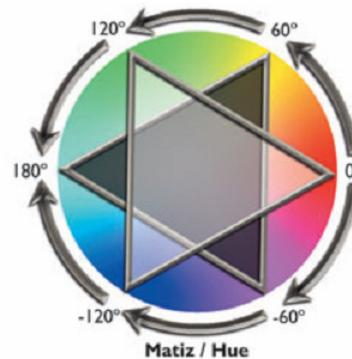
Para CG:



Em aplicações usuais de CG



Independientemente 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:

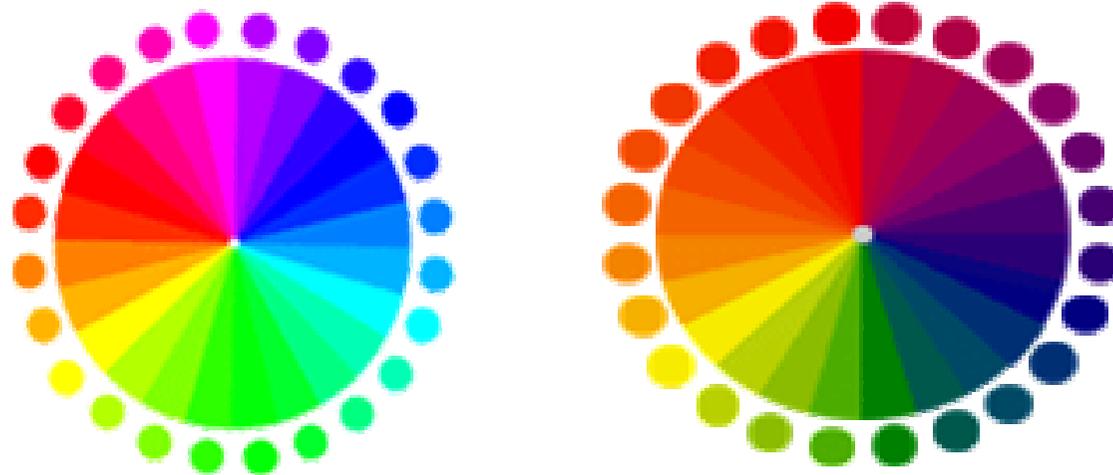
25% , 75% , 25% (verde mais claro)

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

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

100 % , 0 % , 100% (magenta)

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)

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.

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**

Modelo Baseado em Medidas Físicas

Ou modelos calorimétricos.

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*

Trouxeram

Uma imagem exemplo?

E colorida?

Precisa ser processada em 3 canais sempre

Em qualquer espaço de cor ?

Representação como pontos de um espaço 3D de Cor

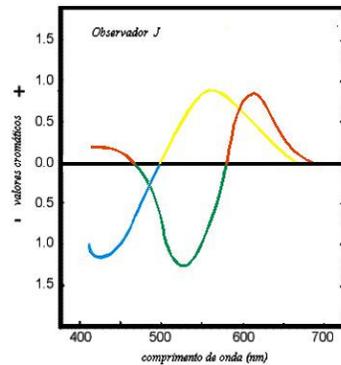
Cores criadas com o vetor cromático R,G,B

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	

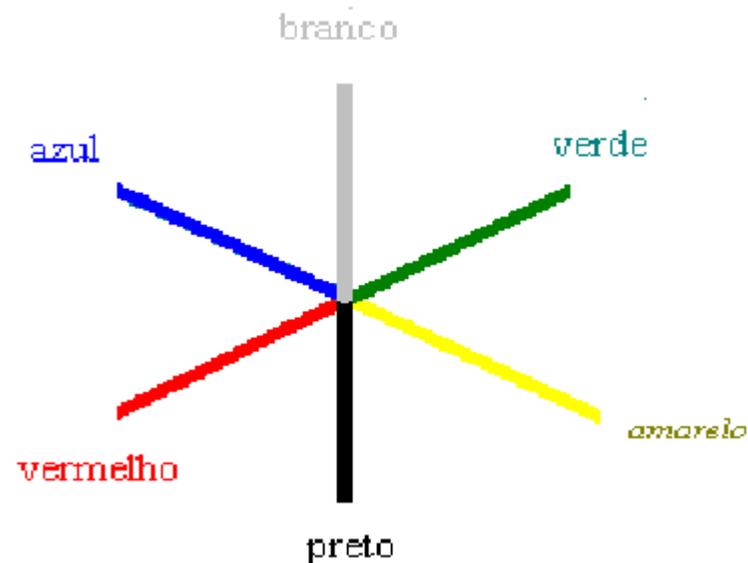
2.3. Percepção de Cor

Mais sobre as deficiências cromáticas em:

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



**Sistemas de cores
oponentes**



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.

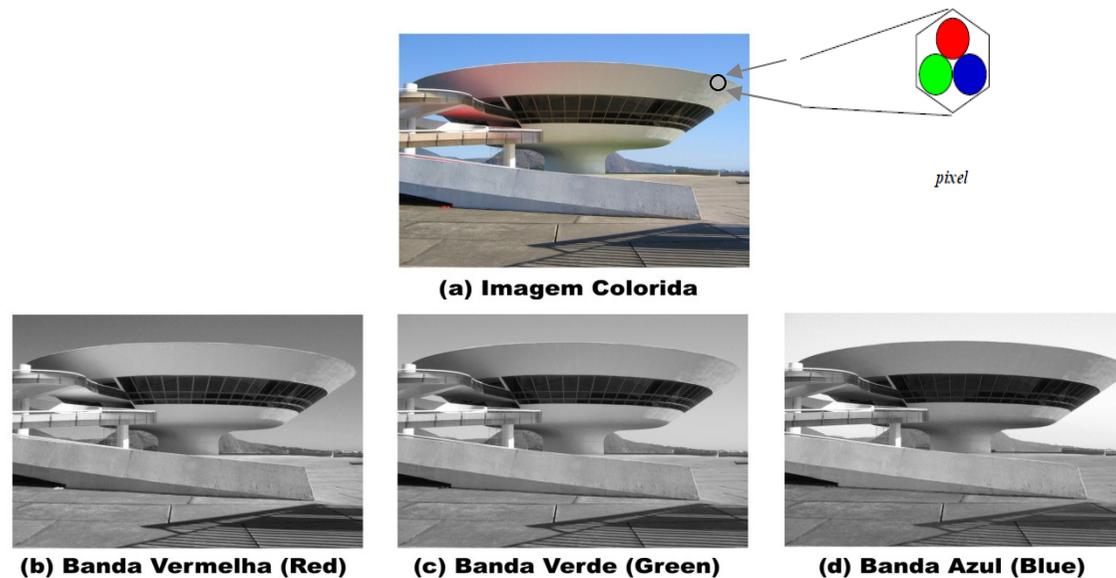


Imagem colorida e cada uma de suas bandas RGB.

Não!

Porque o aparecimento de um retalho de cor não apenas depende do estímulo em si, mas também dos estímulos circundantes (efeitos de contraste simultâneo).

Um modelo fisiológico computacional mais abrangente é preciso para descrever a adaptação cromática da primeira ordem (retinal) e segunda (cortical), e para prever os diferentes efeitos de indução cromática.

Propomos que a indução cromática da primeira ordem que produz cores complementares possa ser predita por mecanismos de adaptação da retina, contrariamente às sugestões anteriores.

A segunda ordem do mecanismo de adaptação proposto consegue prever a inibição ou facilitação automática percebida do contraste central de um estímulo de textura, dependendo do contraste envolvente.

Além disso, ao contrário de outros modelos, este modelo também é capaz de prever o efeito do ambiente variado sobre a cor central percebida

https://www.eng.tau.ac.il/~hedva/documents/computational_adaptation_model_and_its_predictions.html

Percepção e Cognição

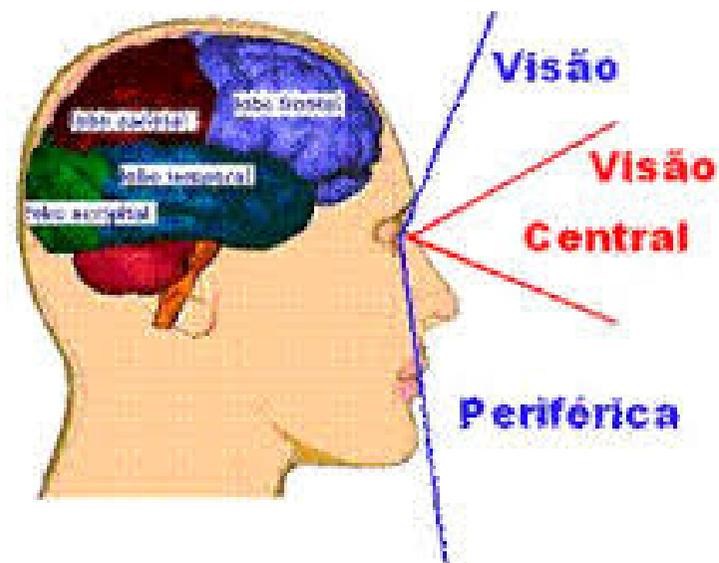
- Processo Informativo
- Detecção
- Reconhecimento
- Discriminação



Ilusão.

Cores -> visão central

Intensidade - > Visão periférica



Bibliografia

- 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.