

2019/1 – IC / UFF

Aula 19

Cores em CG



<http://computacaografica.ic.uff.br/conteudocap5.html>

Imagens colorida

x Imagens monocromáticas



Imagens Monocromáticas

X imagens binárias



Uma imagem monocromática pode ser representada por
A intensidade em cada pixel

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

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

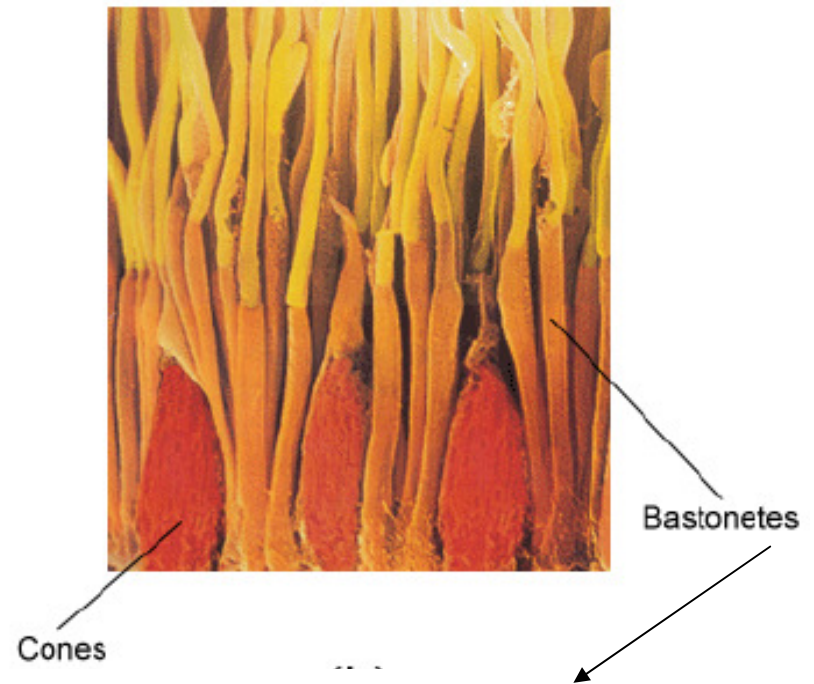
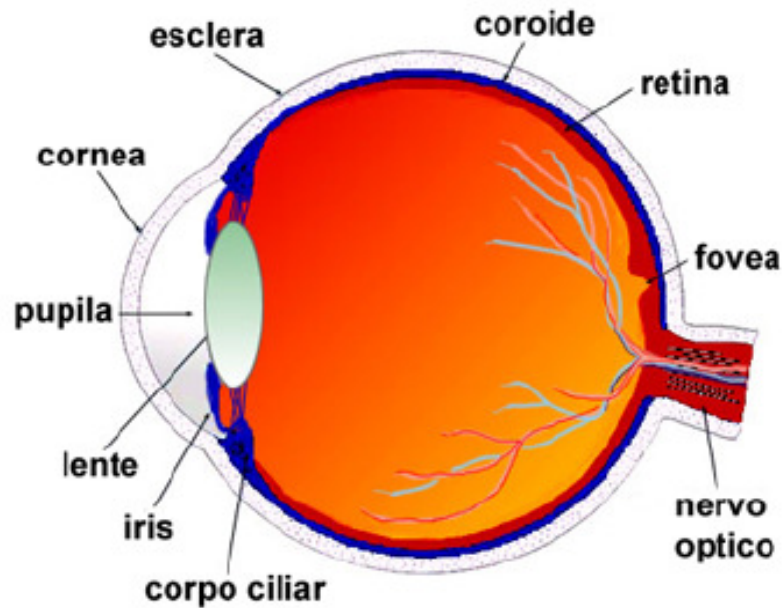
Como funciona a visão?

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

Na retina células fotosensíveis **i**niciam sua transformação em sinais elétricos que no cortex visual serão interpretados como visão.

Olho humano e células da retina

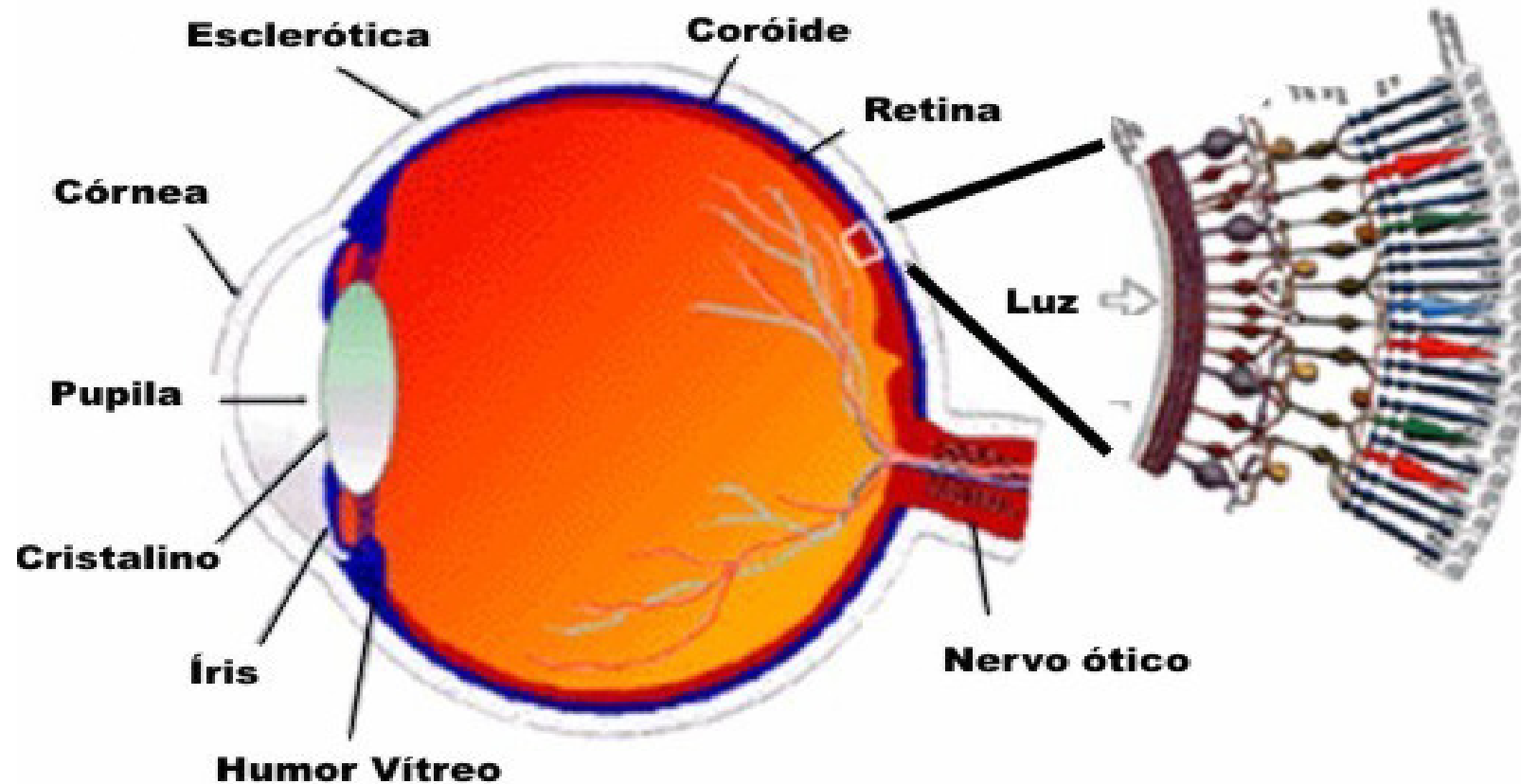
Os cones são cerca de 7 milhões,



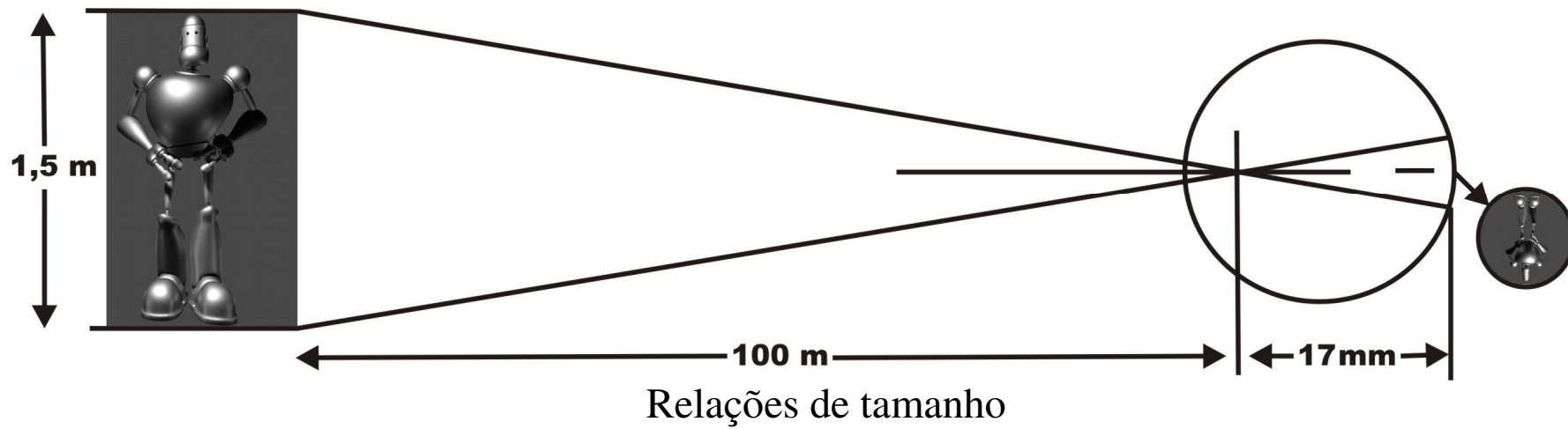
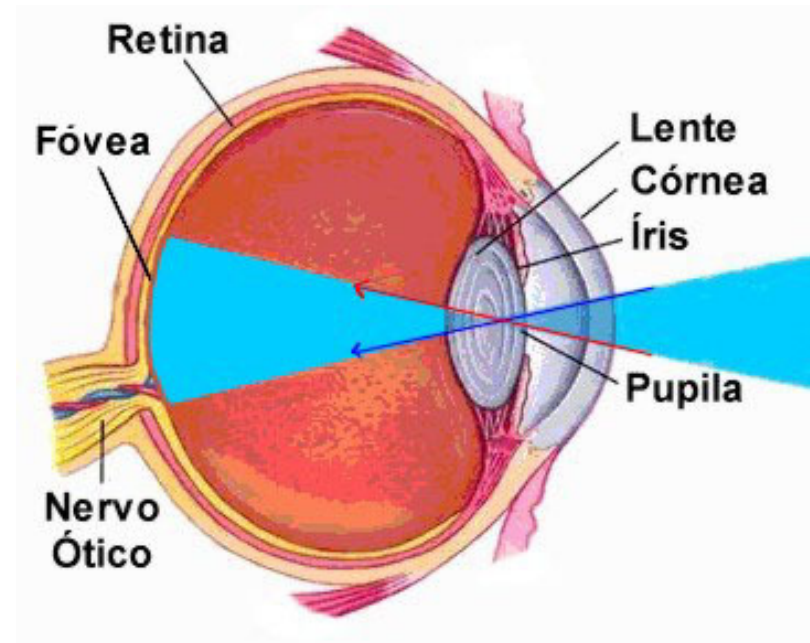
cerca de 125 milhões

Sistema de Visão Humana

Células Cones e Bastonetes



Sistema de Visão Humana



Bastonetes

Visão monocromática:

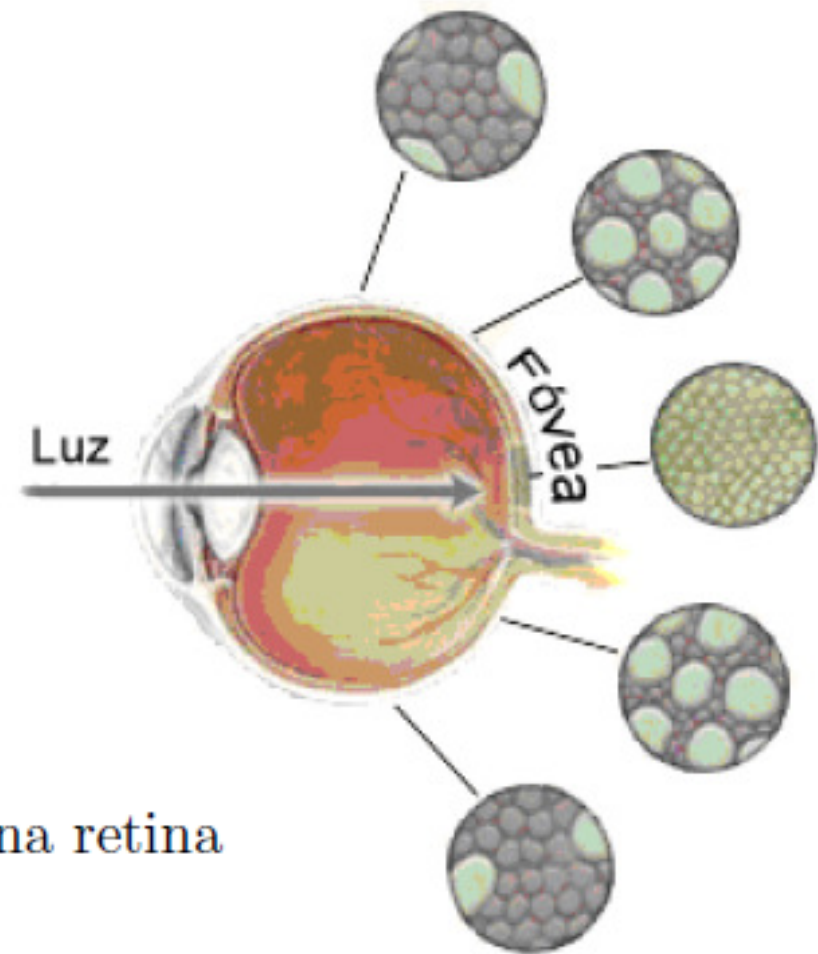
A substância química responsável pela sensibilidade dos bastonetes à luz é a **rodopsina**, quando a luz incide sobre uma molécula de rodopsina, esta gera um sinal elétrico que é transmitido às células nervosas presentes na retina.

cones

3 tipos:

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

Distribuição dos cones e bastonetes na retina



Percepção de Cor

Teoria Tricromática

Os três tipos de receptores da retina tem sensibilidades a **diferentes comprimentos de onda e fazem nossa visão em cores**, sendo indiferente se sensação ocorre de um objeto que emite luz ou a reflete.

Teoria de Maxwell

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

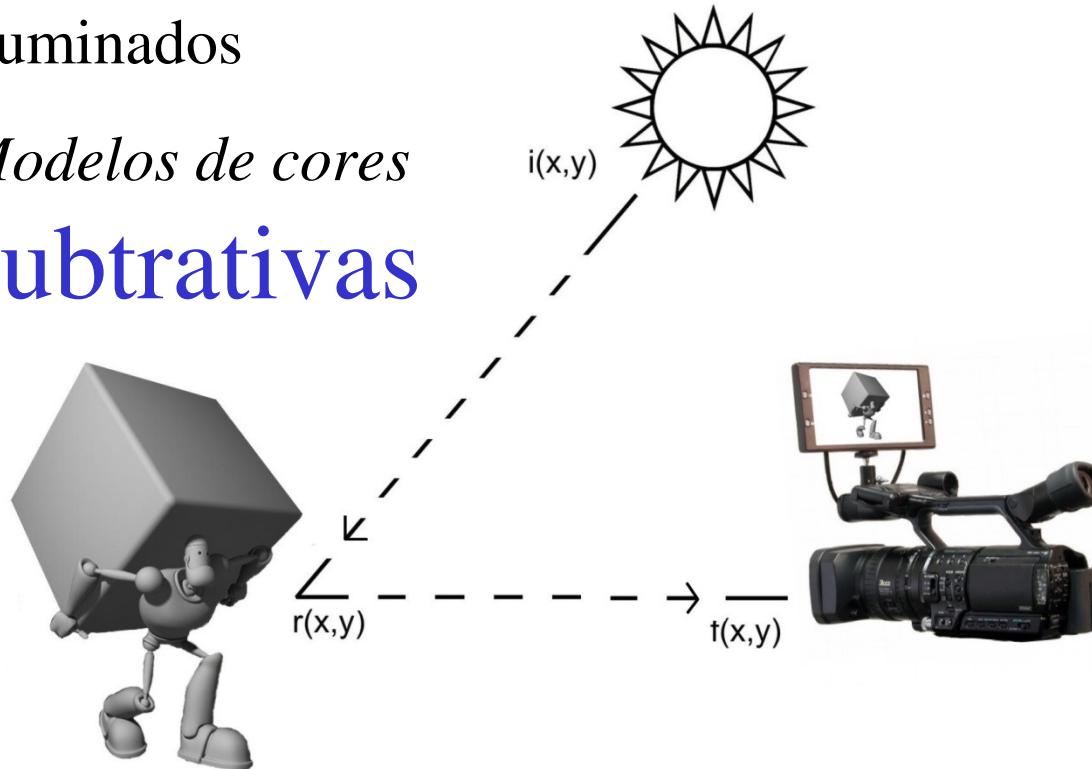
Objeto **emite**ntes ou iluminados

iluminanteos

Modelos de cores **aditivas**

iluminados

Modelos de cores
subtrativas

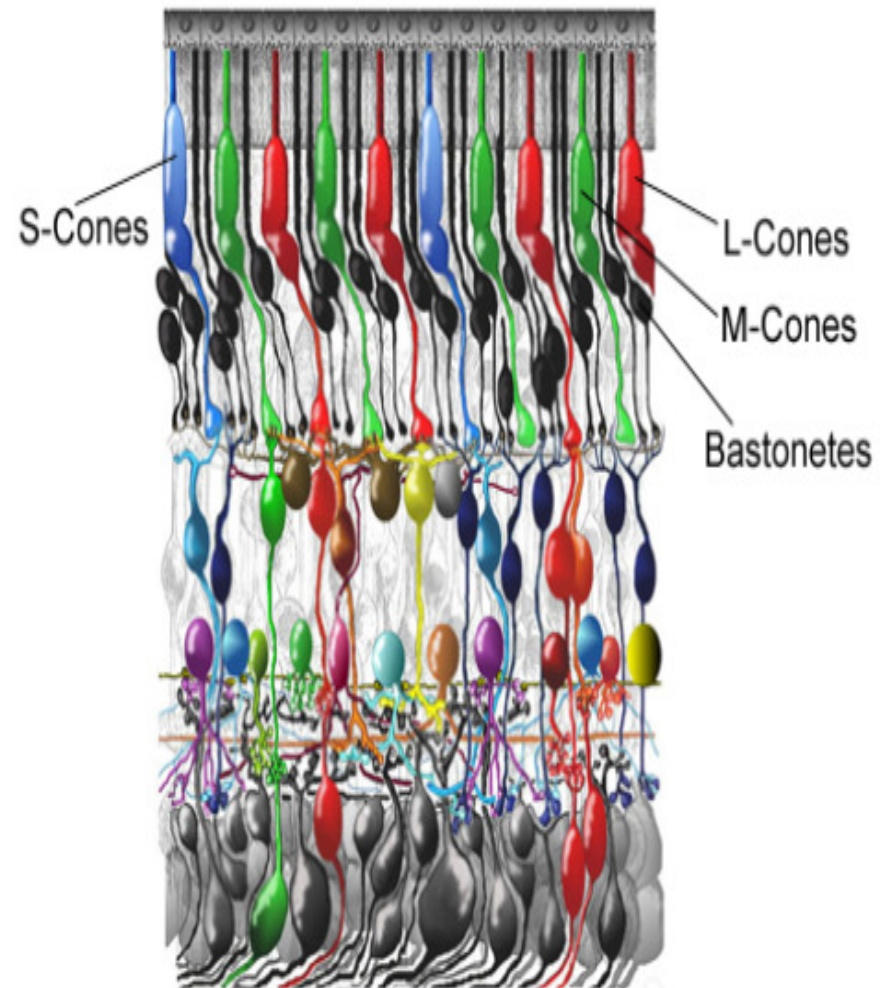
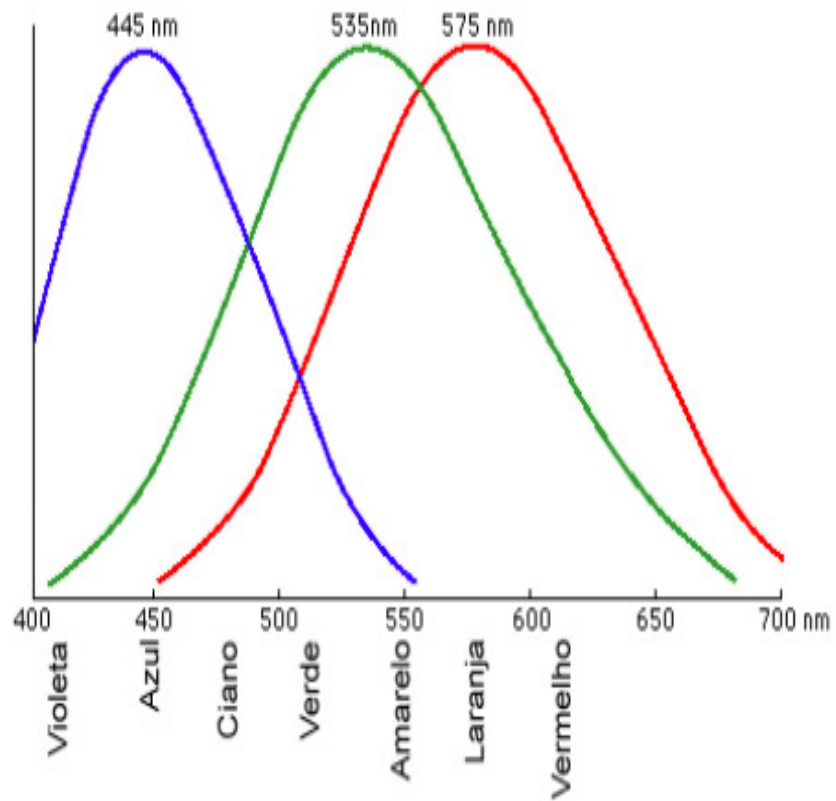


Teoria de Young

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

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

Curvas de respostas dos 3 tipos de cones



Não somos fotômetros!

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

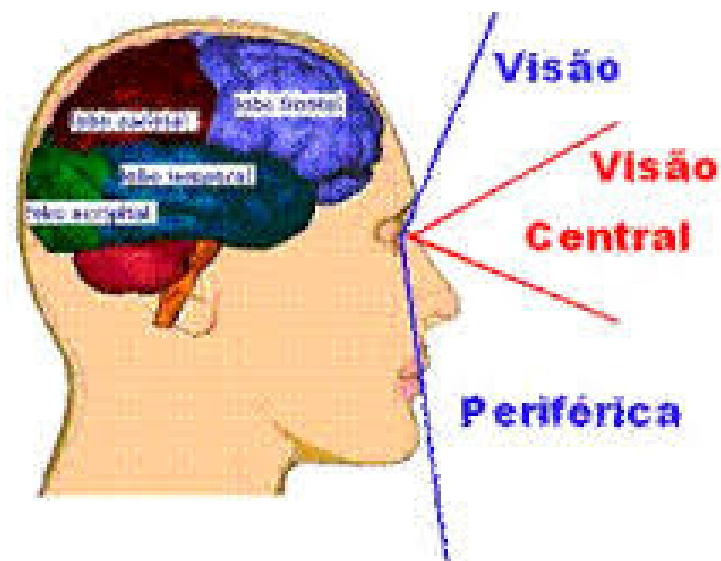
A **trinca de informação que sai da retina** se transforma em uma **dupla de cores oponentes (amarelo-azul, vermelho-verde)**, agindo como um filtro, tornando a codificação da cor mais seletiva

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

Esta divisão é responsável por diferentes percepções independentes.

Cores -> visão central

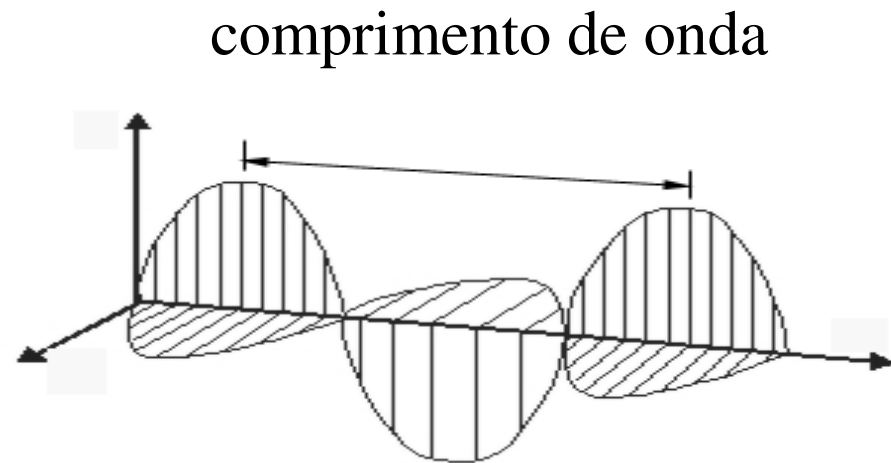
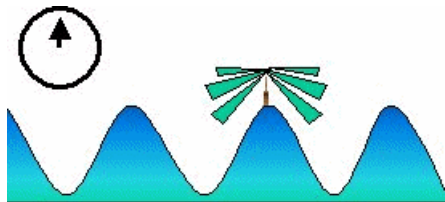
Intensidade - > Visão periférica



Características ópticas da luz

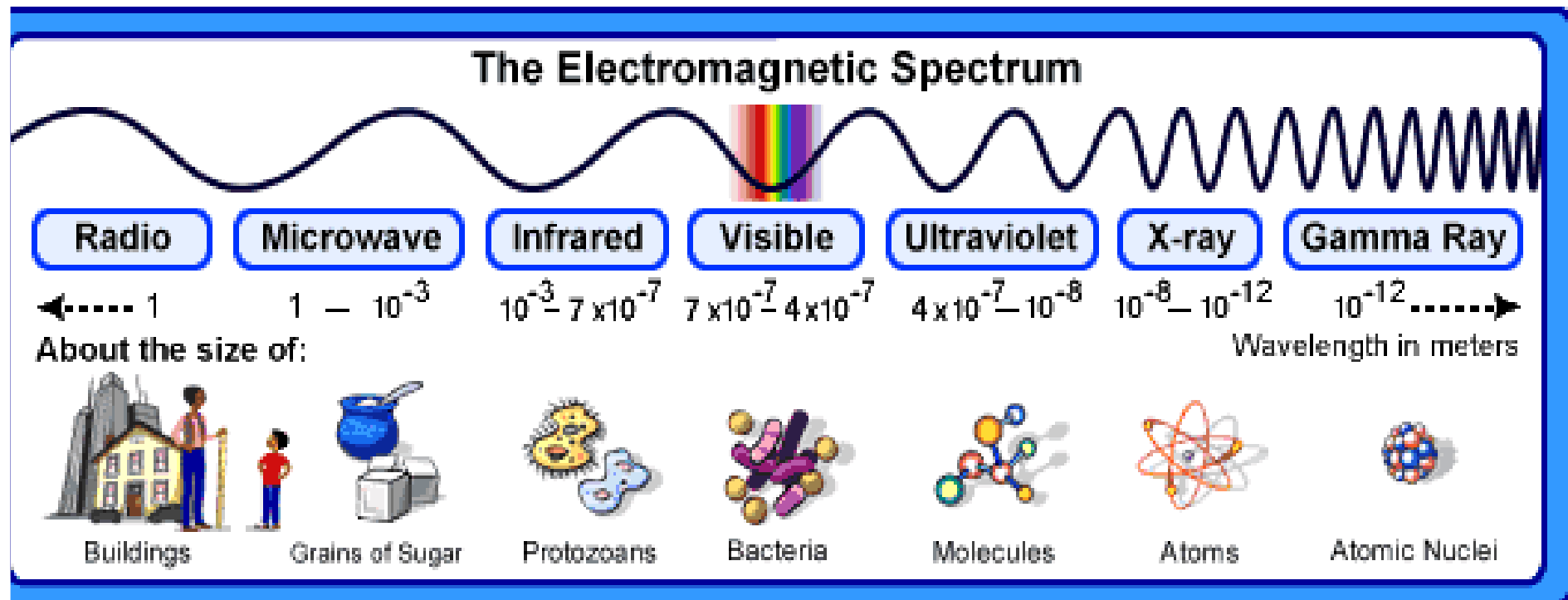
A luz é uma radiação eletromagnética que interage com as superfícies por:

- reflexão
- absorção
- transmissão



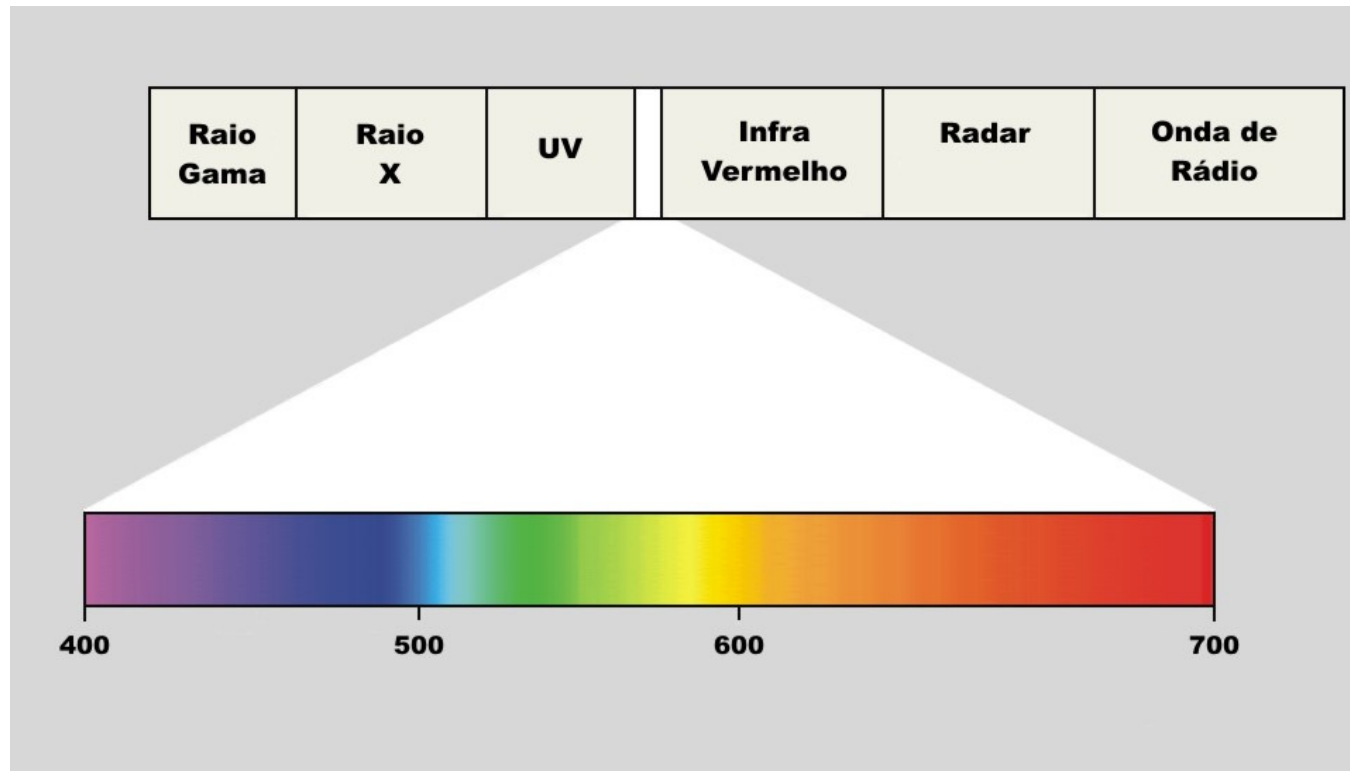
Espectro eletromagnético

E comprimentos de onda



Características ópticas da luz

Radiação Eletromagnética

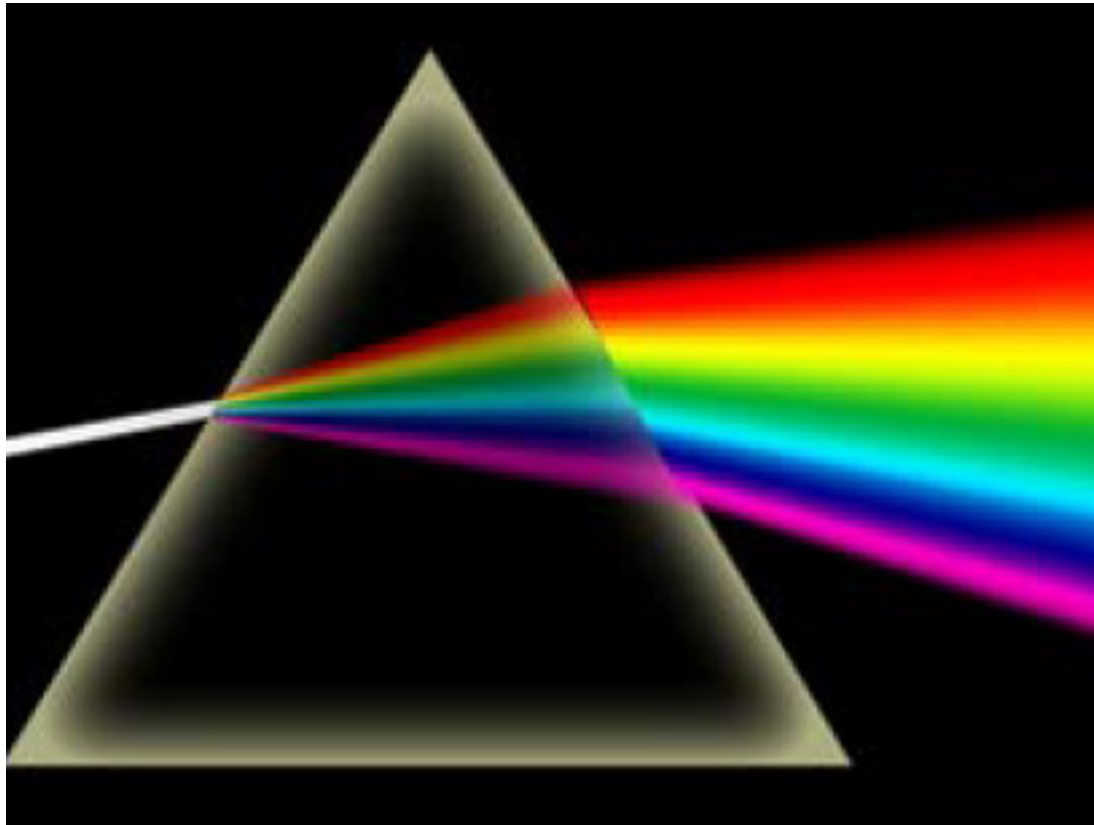


Espectro eletromagnético e comprimentos de onda

(em nano metros – nm) .

Luz branca:

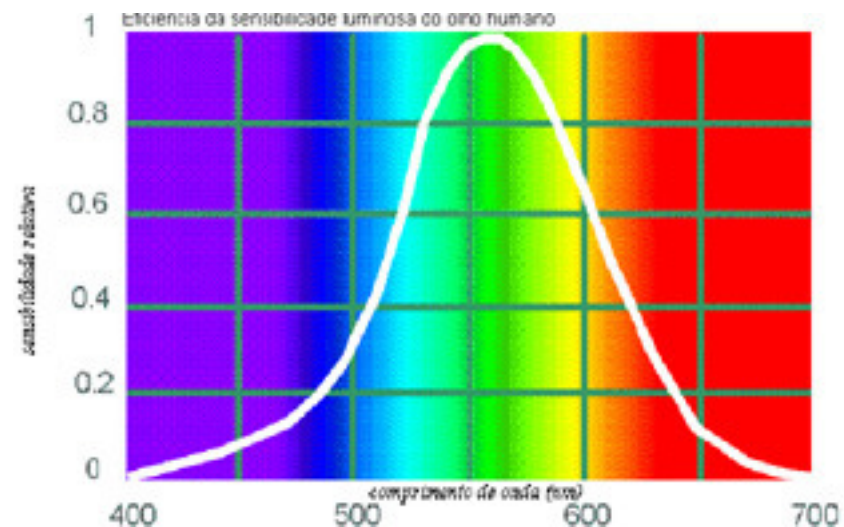
Todos os comprimentos de onda misturados



Características ópticas da luz

Limites de sensibilidade

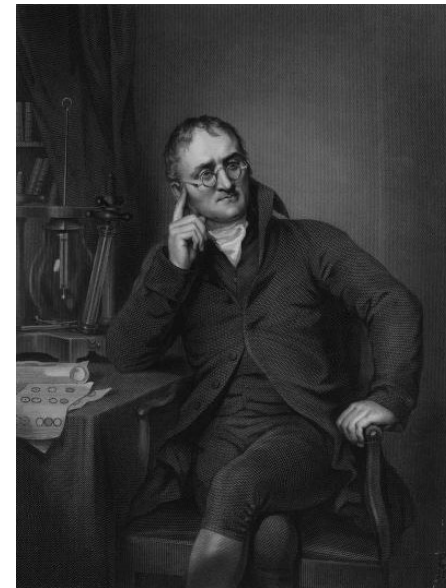
- Os limites do espectro visível e das faixas de cores não são bem definidos (dependem da sensibilidade dos órgãos visuais e da intensidade luminosa)
- As curvas de sensibilidade se aproximam assintoticamente do eixo horizontal nos limites, tanto para os maiores quanto para os menores comprimentos de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



Percepção de Cor

Daltonismo.

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



Teste de Daltonismo

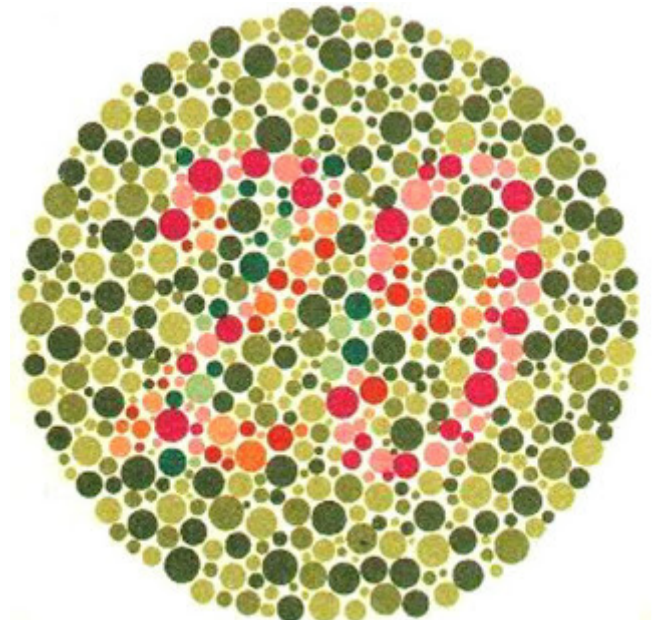
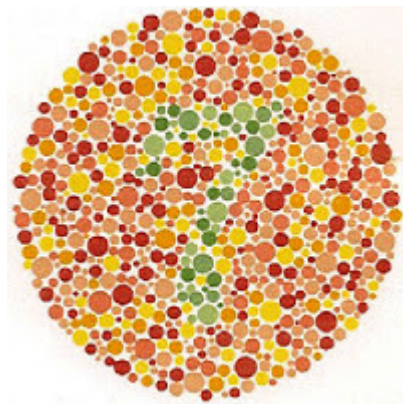
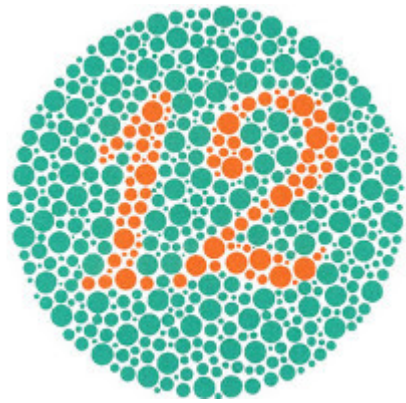
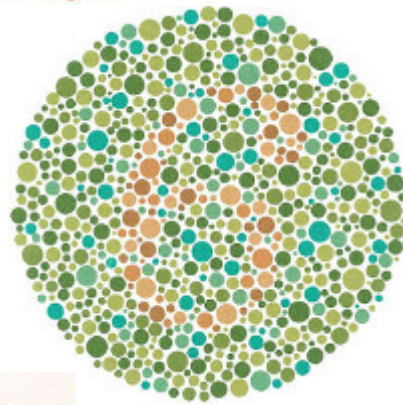
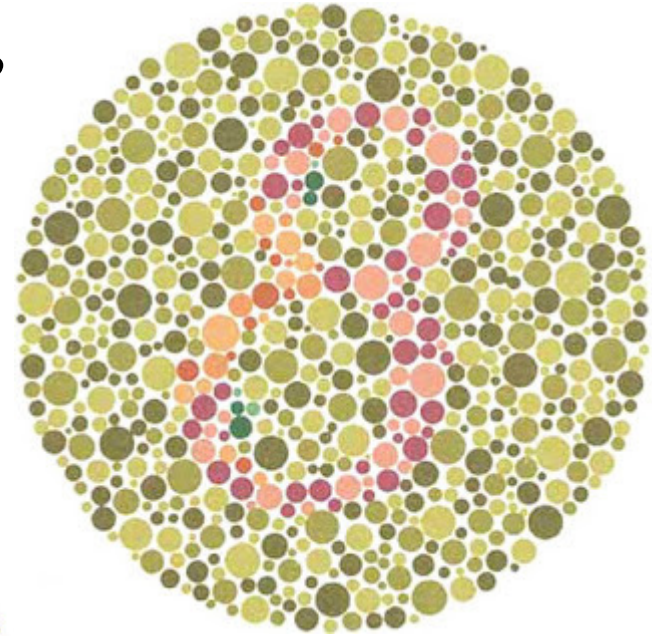
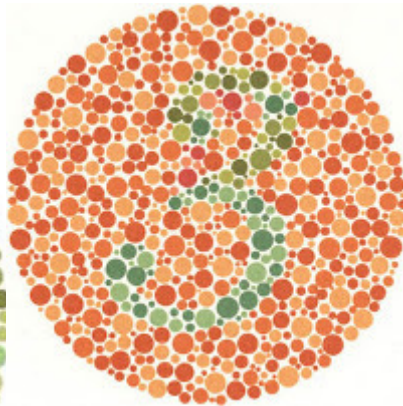
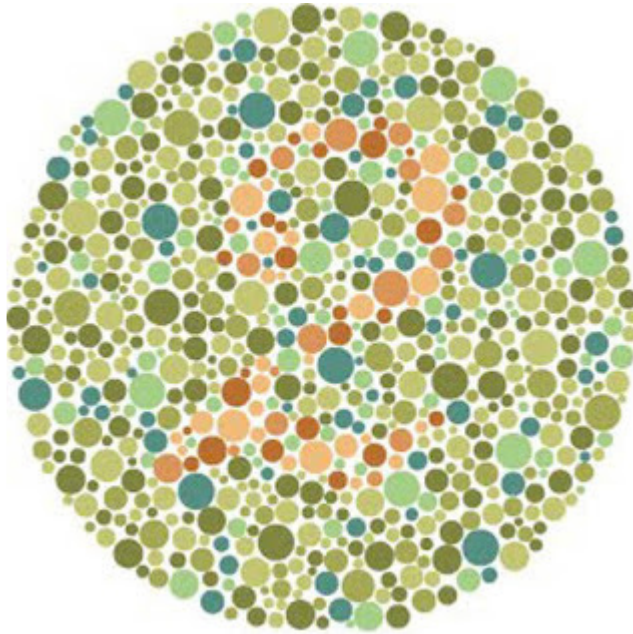
Na maioria das vezes o daltônico leva anos para perceber sua deficiência: Como sentir falta de algo que nunca se viu?

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

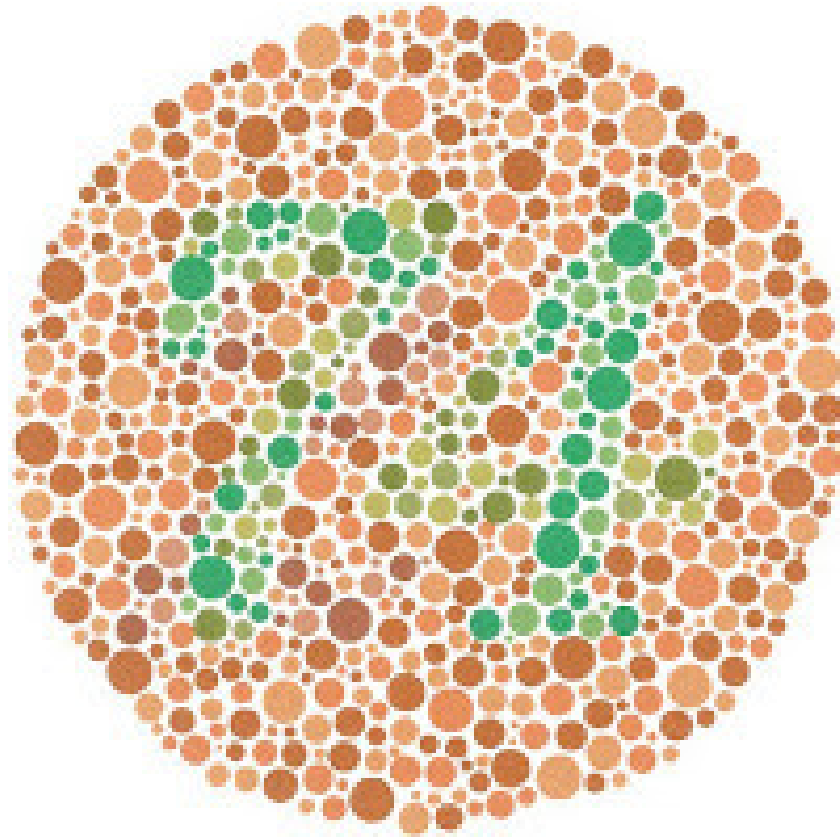
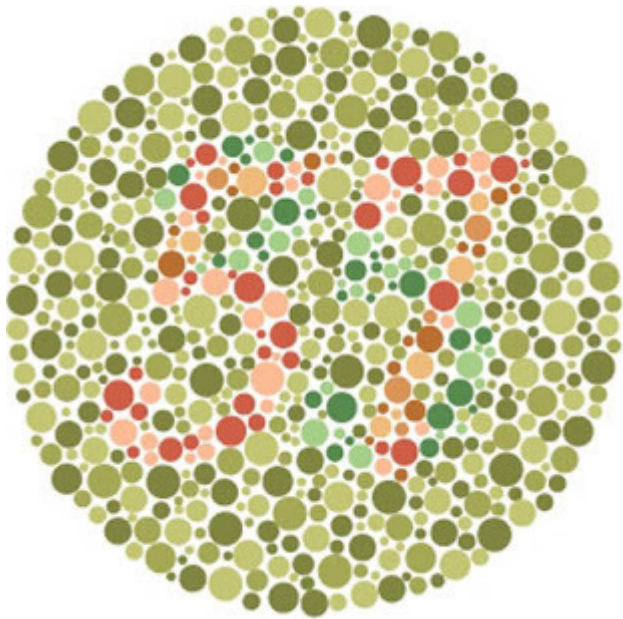
Teste resumido de daltonismo utilizando figuras de Ishihara.

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

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



peçoas com daltonismo não enxergam os números 57, e 74



Percepção de Cor

Monocromatas:

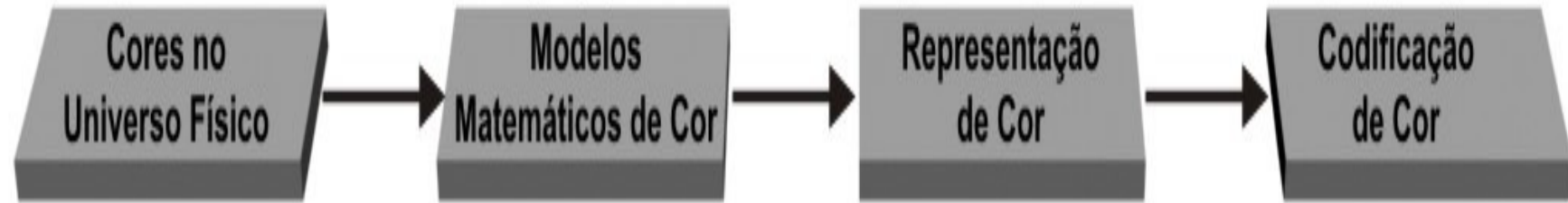
- Uma fração muito pequena das pessoas é constituída de monocromatas; esses vêem qualquer luz como apenas branco, seja ela de qualquer uma das três cores ou suas combinações.

Visão Humana X Computacional

Mais sobre as deficiências cromáticas em:

[http://en.wikipedia.org/wiki/
Color_blindness#Clinical_forms_of_color_blindness](http://en.wikipedia.org/wiki/Color_blindness#Clinical_forms_of_color_blindness)


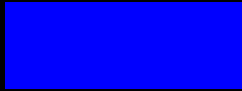





Modelos ou espaços de Cores



Níveis de abstração de cores.

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	

Espaços de Cores

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

Este deve ter as seguintes propriedades:

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

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

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

O espaço de cor *RGB*

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

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

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

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

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

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

Existem diversos tipos de
modelos,
são eles :

Fisiológico

Sensações

Baseado em Medidas Físicas

Adequados a determinado equipamento

Psicofísico

Modelos de cor HSV

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

- matiz;
- saturação;
- intensidade.

(a) Mudança de Matiz



(b) Mudança de Saturação

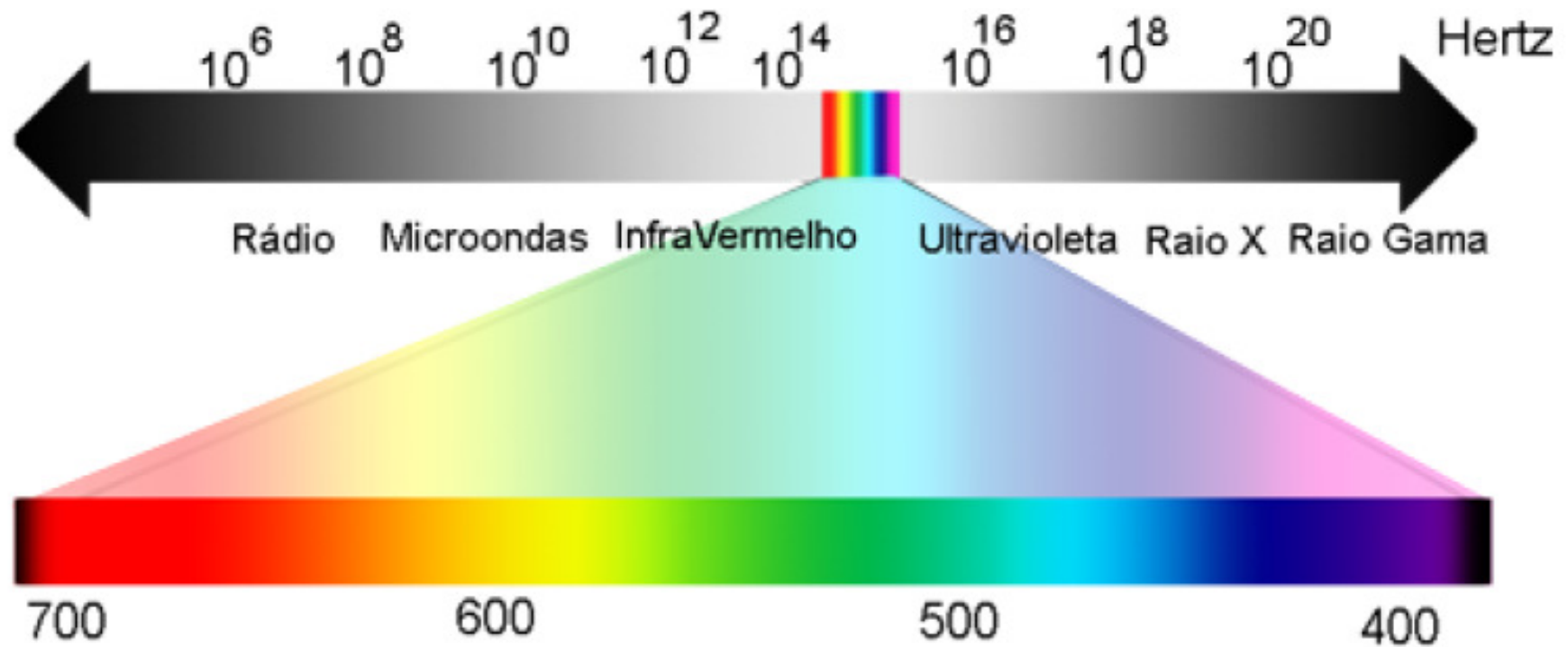


(c) Mudança de Intensidade



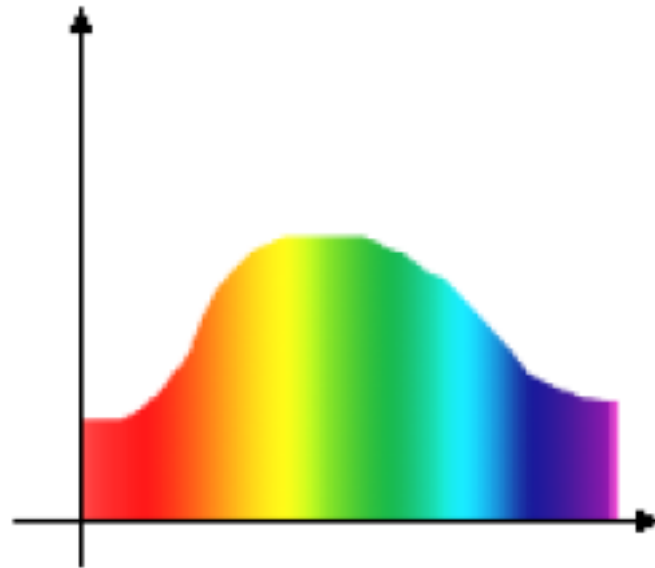
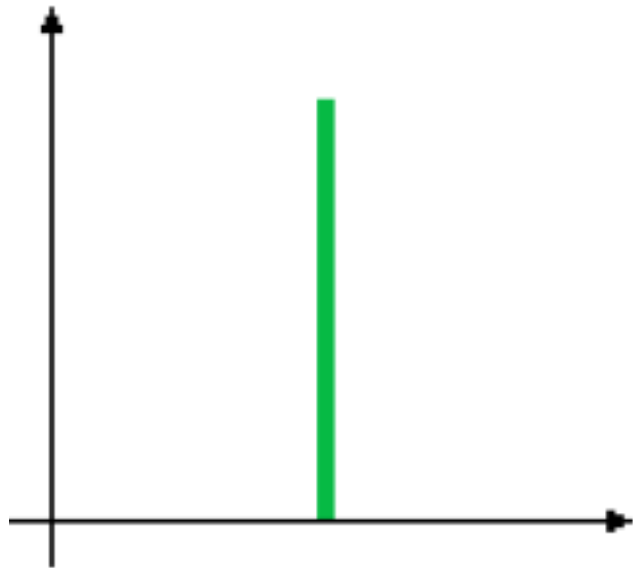
Variações no matiz, saturação e intensidade.

M ou matiz é função do comprimento de onda da luz visível



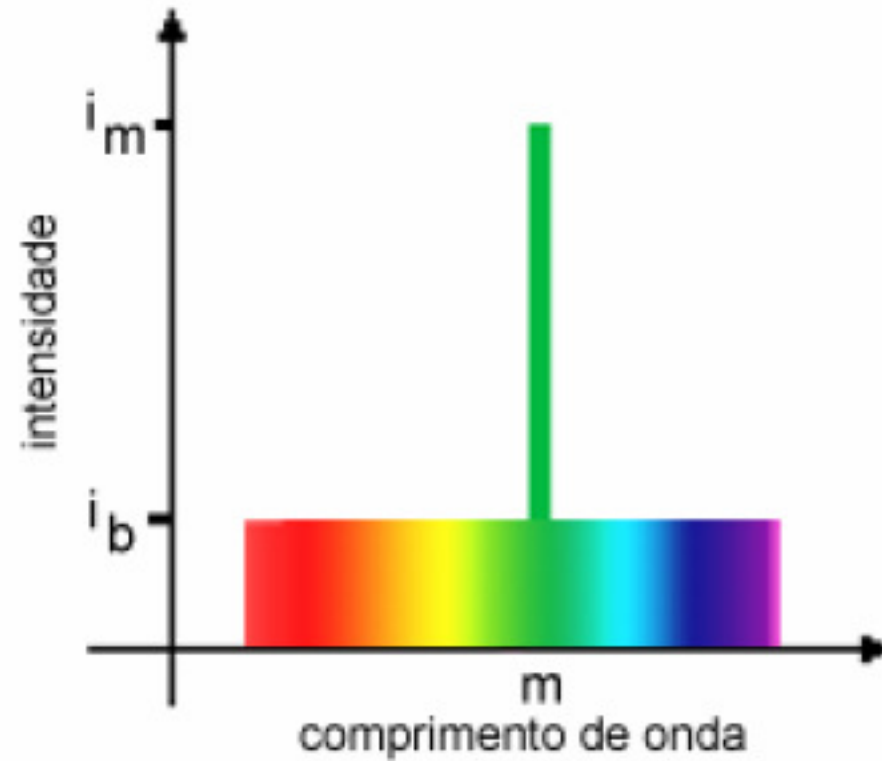
Mas o M é o mesmo se a
Cor é pura ou é cor em
mistura

Indistinto aos olhos humanos



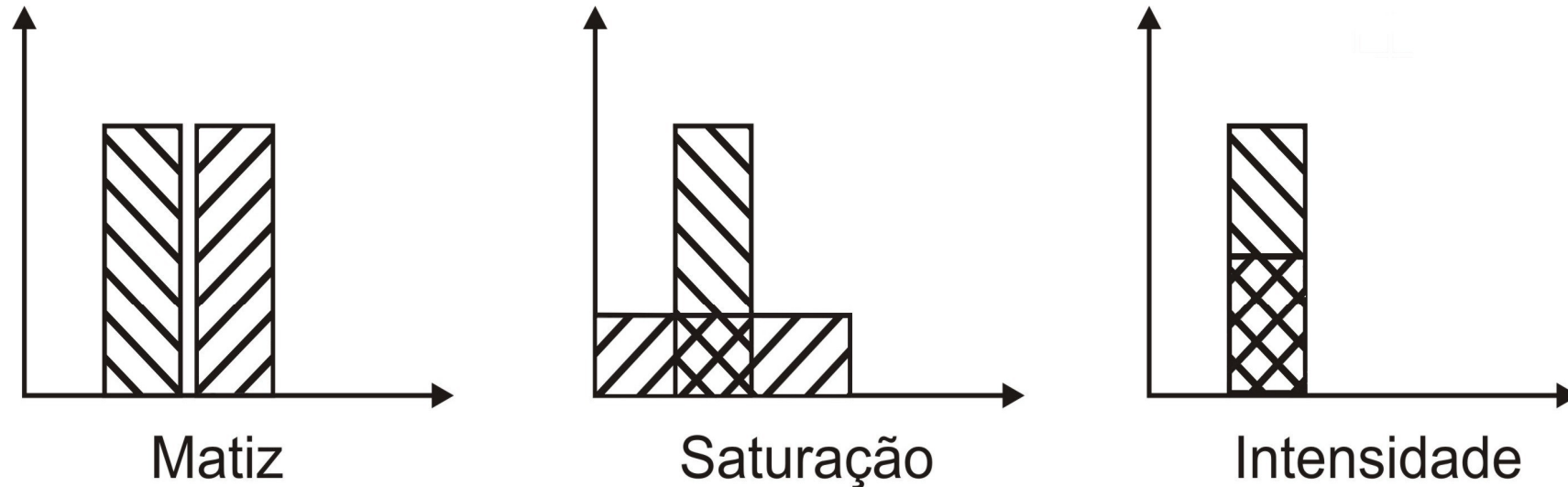
Matiz (Hue), Saturação

Intensidade = energia luminosa (área)



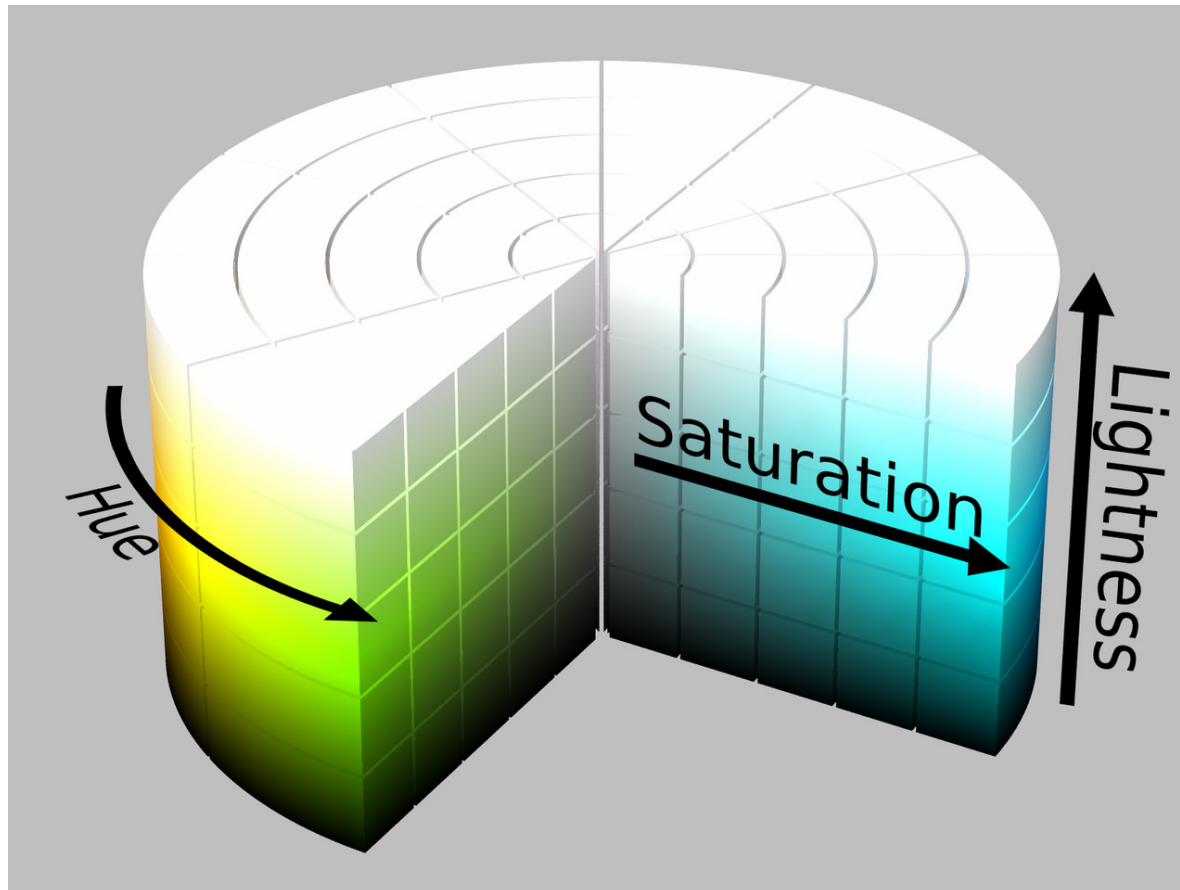
Modelos de cor

Matiz, saturação e intensidade

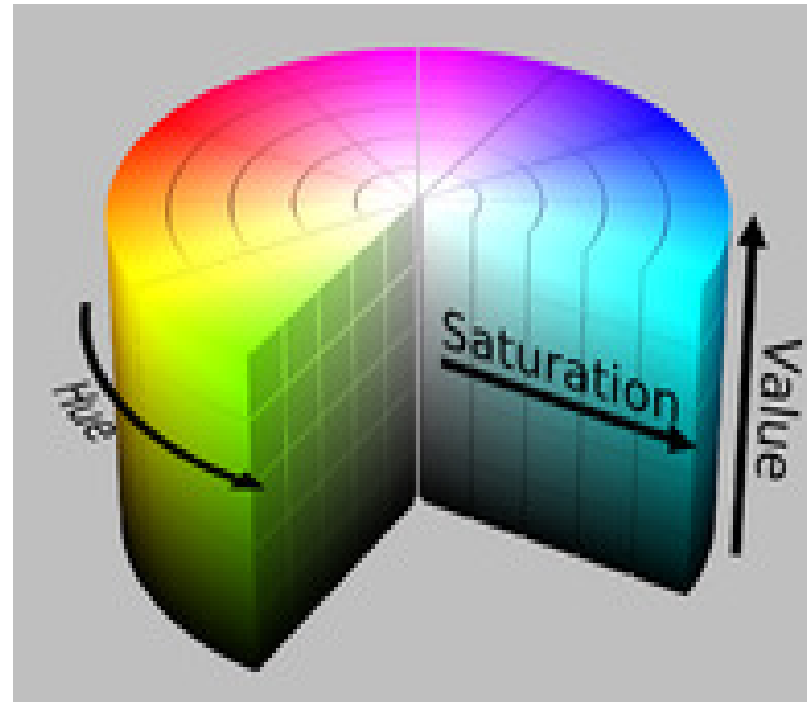


Conceitos de matiz, saturação e intensidade.

Espaços baseados em **Matiz**,
saturação e intensidade são os
melhores para CG:

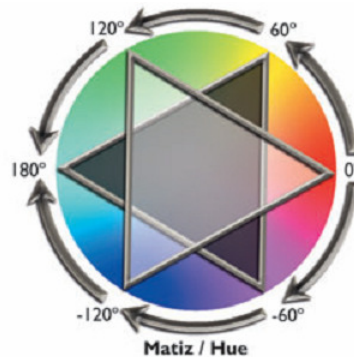


Matiz, saturação e intensidade



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 um morango verde ficar maduro:

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)

Modelo Fisiológico

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

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

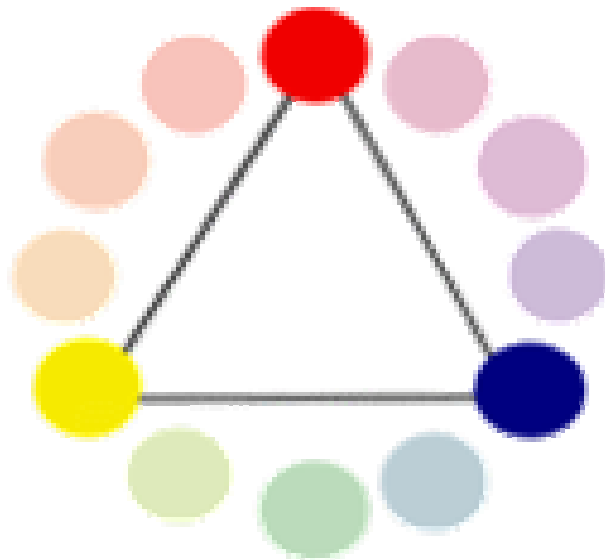
Subtrativos > para as **tintas** por exemplo: >
magenta, **amarelo** e **ciano**



Cores aditiva obtidas pela combinação de luzes RGB

Cores primárias - Primary Colors:

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



Cores secundárias - Secondary Colors:

Obtidas da mistura de 2 primarias.



Cores terciárias -Tertiary Colors:

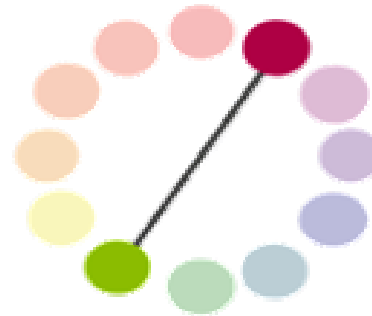
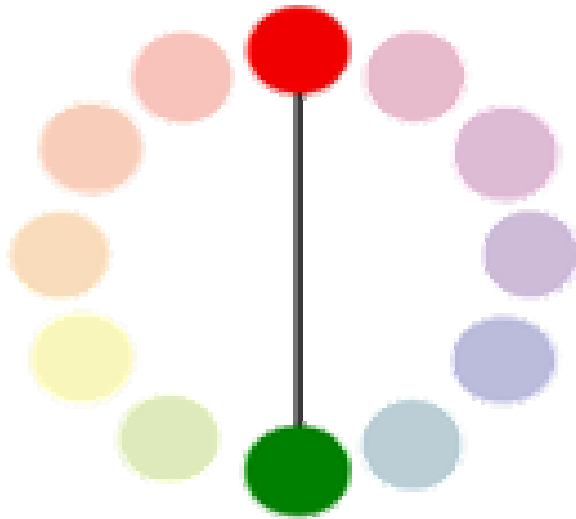
Obtidas da mistura de primarias (hues) e secundarias (hues).



Cores Complementares :

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











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



Cor Análoga :

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

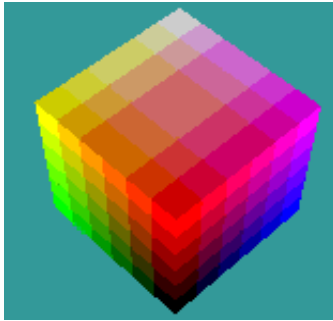
exemplo

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

Modelos de cor

RGB

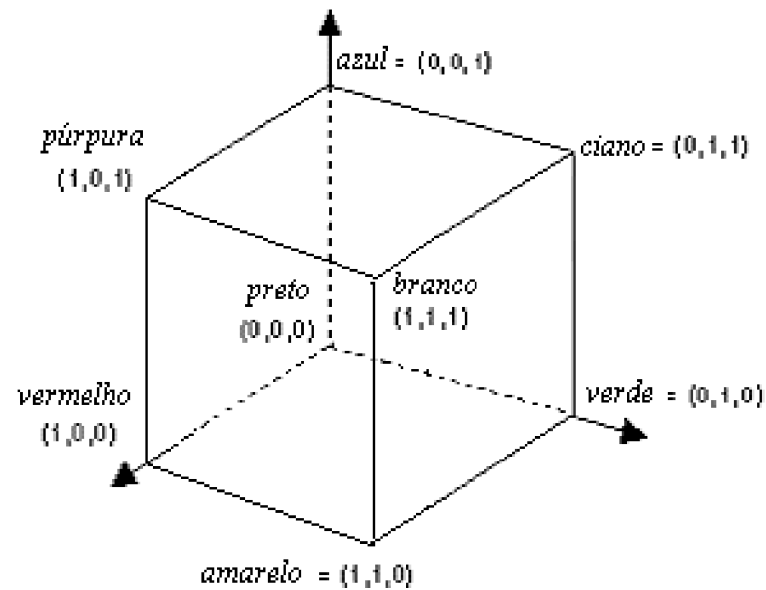
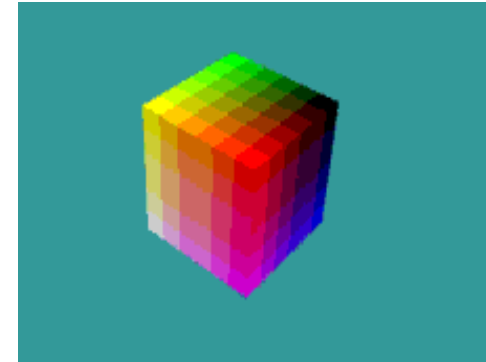
- Base de primárias do sistema:
 - $R(\lambda)$ luz vermelho com comprimento de onda de 700 nm
 - $G(\lambda)$ luz verde com comprimento de onda de 546 nm
 - $B(\lambda)$ luz azul com comprimento de onda de 435.8 nm



Modelos de cor

Sistema RGB

Normalizado entre 0 e 1



O Sistema CIE XYZ

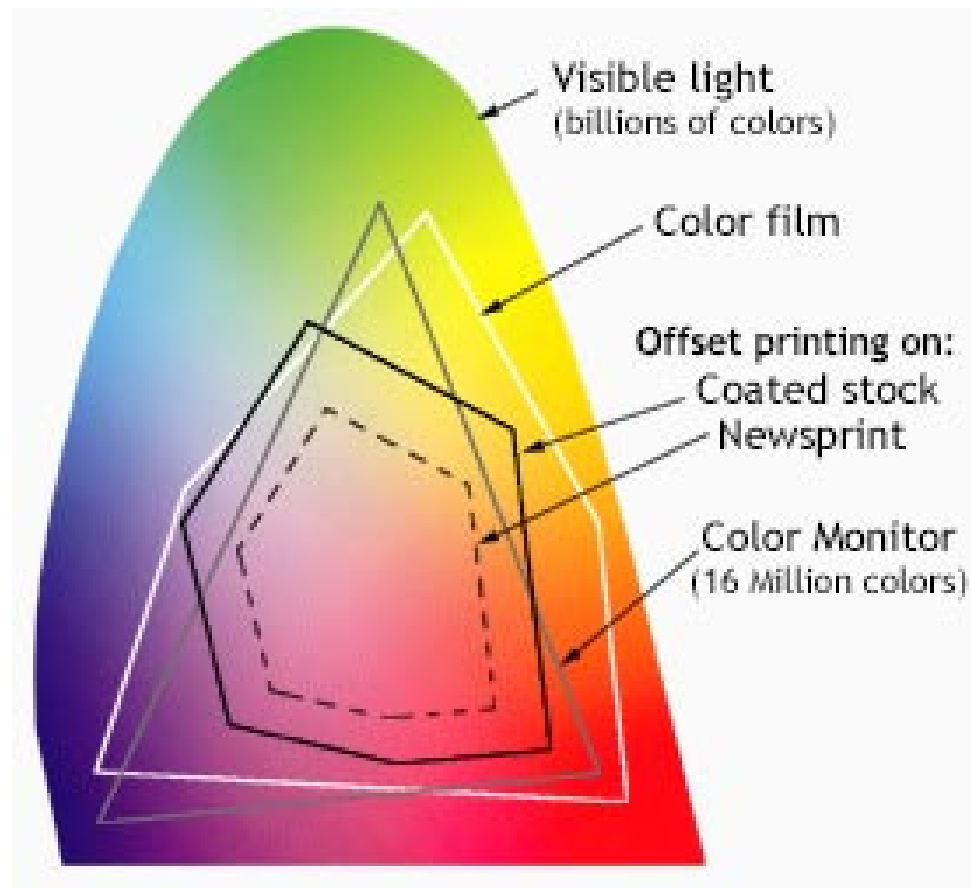
- Os fotorreceptores cones dos olhos humanos têm picos de sensibilidade às ondas **curtas** (*S*: 420–440 nm), **médias** (*M*: 530–540 nm), e **longas** (*L*: 560–580 nm).
- Assim em princípio 3 parâmetros são suficientes para descrever a sensação de cor humana.
- Essas são as consideradas cores primárias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

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)**.

Sólido - > diagramas ou mapa 2D

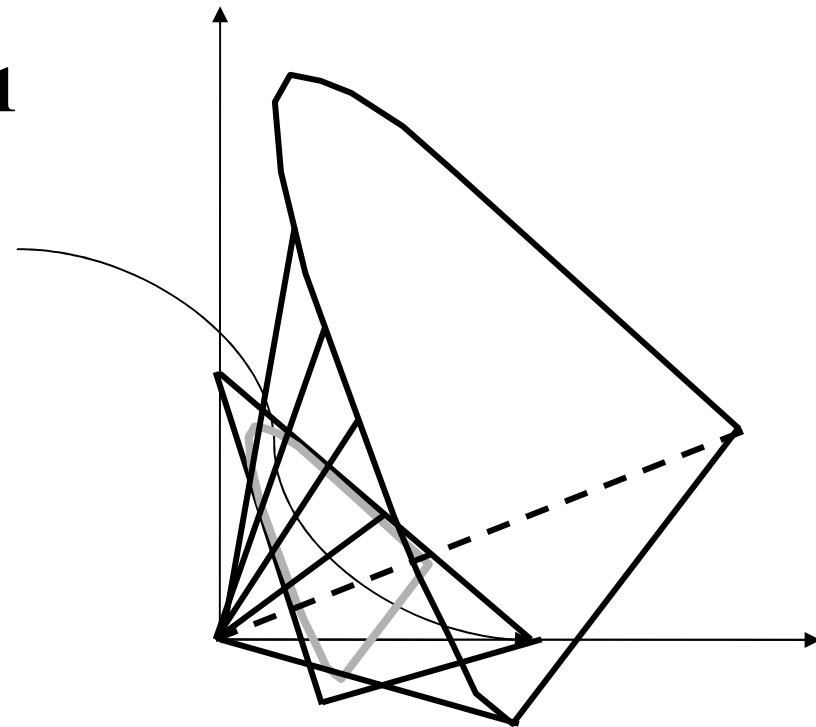
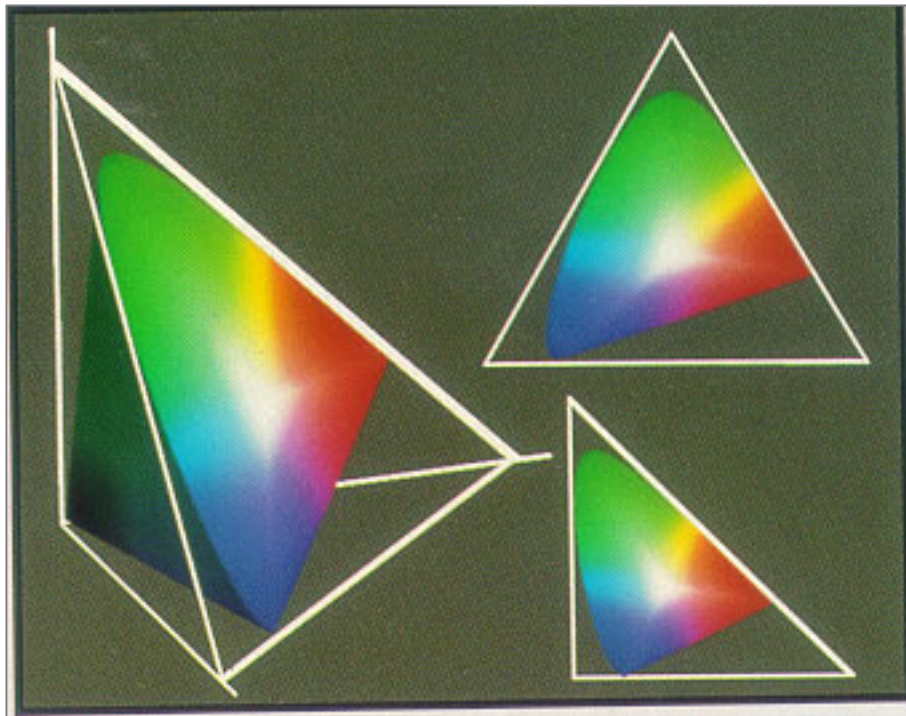
**Separando a intensidade
intensidade luminosa
da cromacidade,
pode-se ter um plano
de cores**



Modelos de cor

Sólidos de cores visíveis e diagramas de cromaticidade

Plano $X+Y+Z=1$



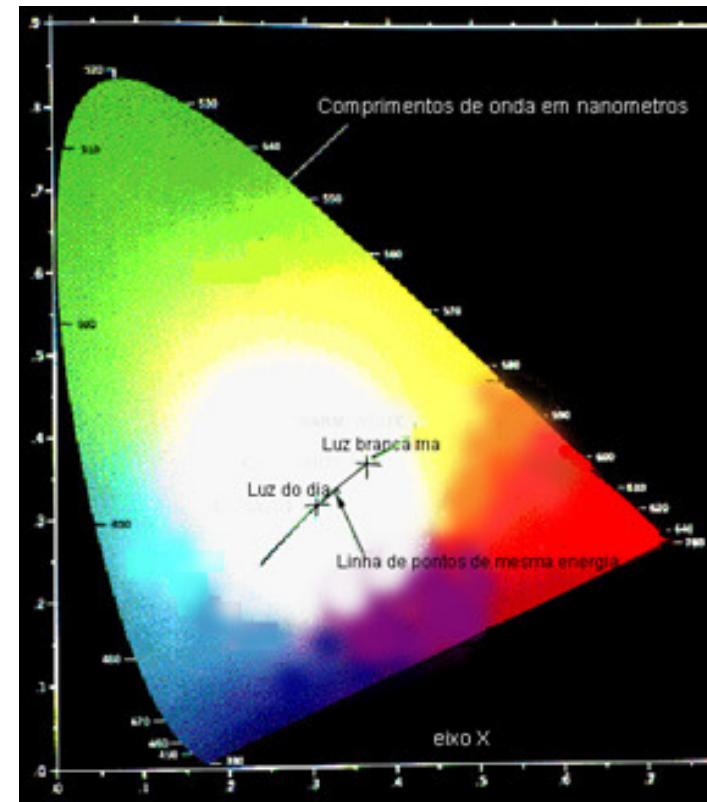
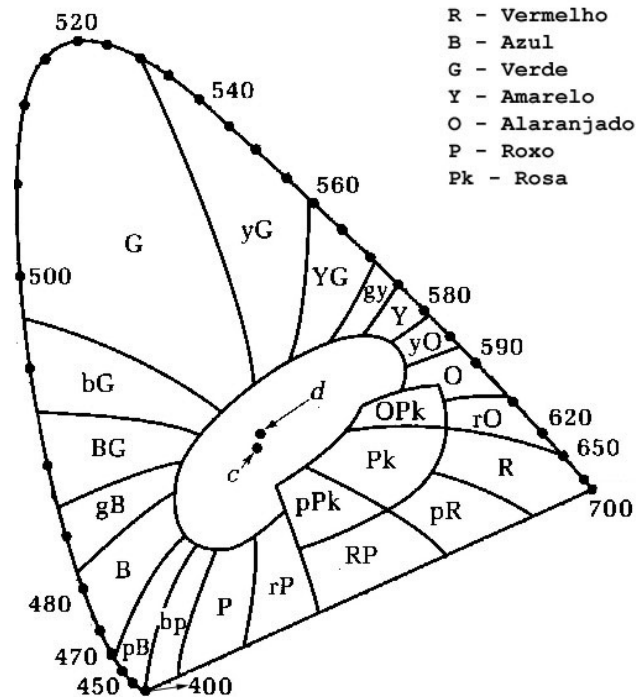
A cromacidade define a cor em si

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

Modelos de cor

Cores visíveis

- Diagrama de Cromacidade CIE



Coeficientes negativos

Na geração da cor

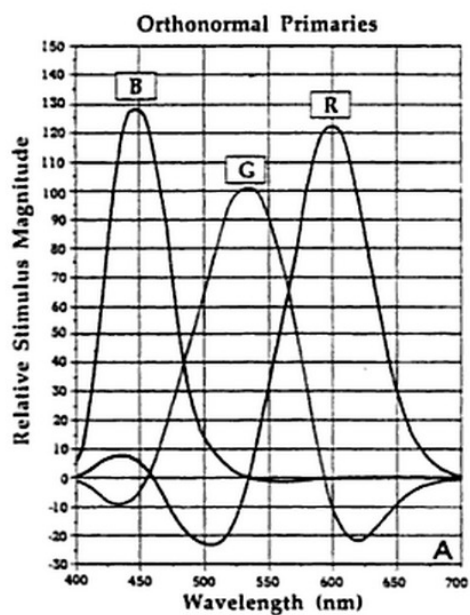


Figure 32. Interesting properties of a particular orthonormal matrix. Continued next page.

sultado 39 de 87 neste livro para color matching functions - < Anterior Próximo > - Ver tudo [Limpe](#)

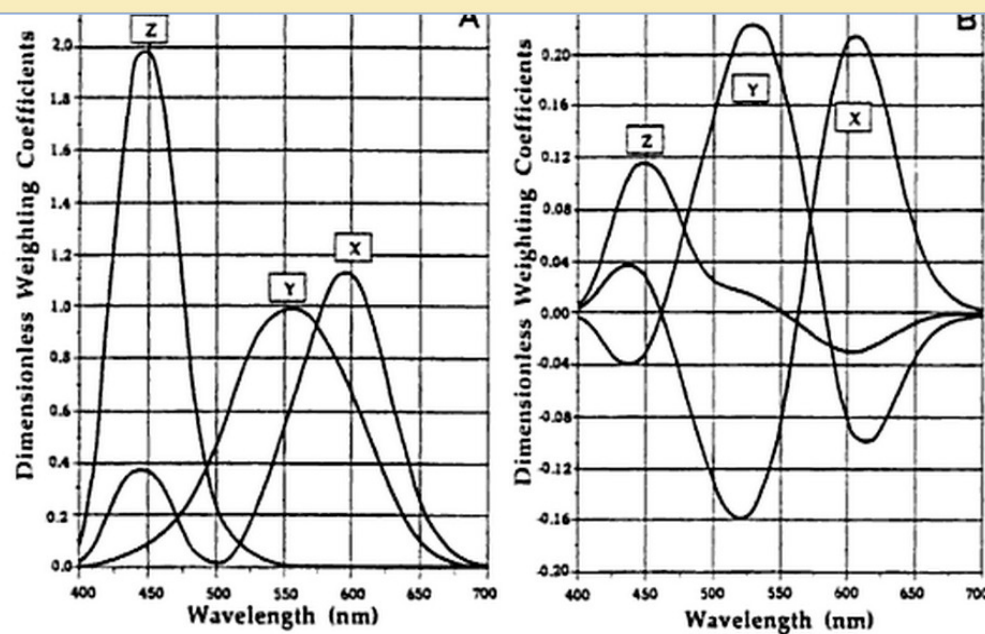


Figure 33. The marked difference between color matching functions and fundamen

Modelos de cor

Sistema XYZ

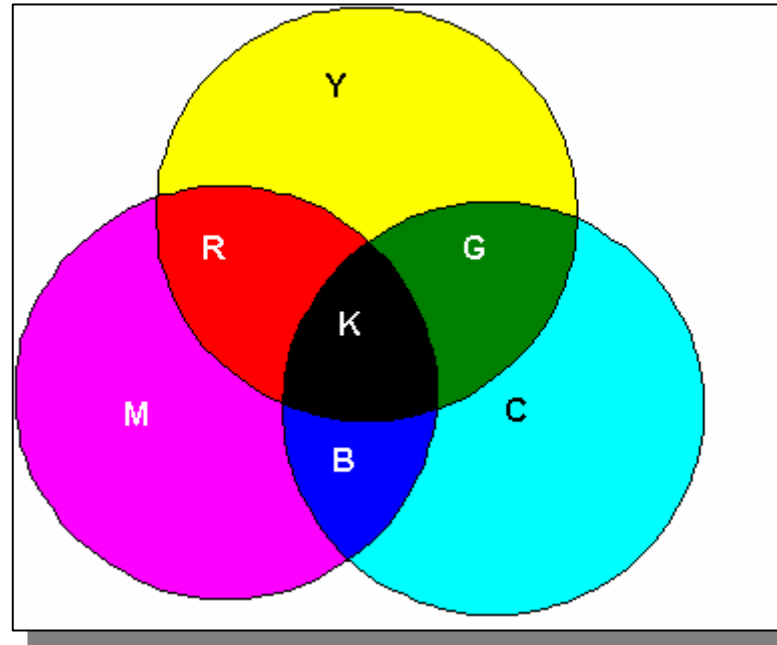
conversão entre os sistemas CIE-RGB e CIE-XYZ

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

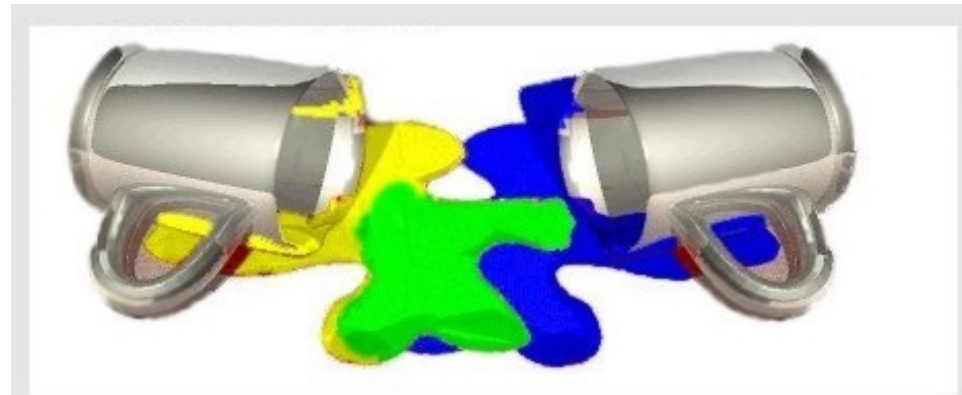
CIE (Comissão Internationale de l'Éclairage)

Modelos de cor

Sistemas de cores subtrativos CMY

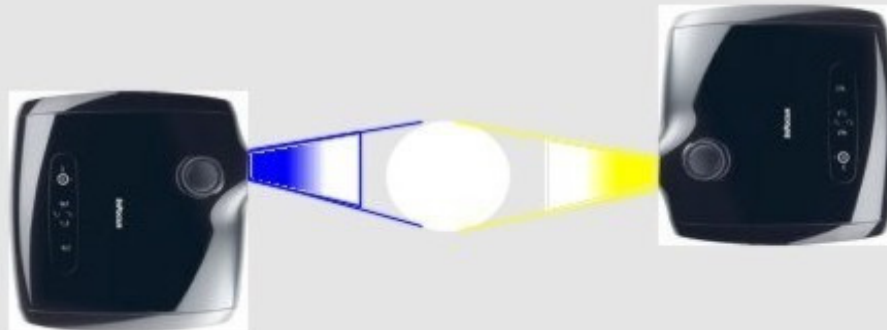


Modelos de cor: noção de primárias, secundárias e terciárias



Tinta amarela misturada com tinta azul cria uma tinta verde.

Cores complementares



Luz amarela com luz azul cria uma luz branca.

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

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**

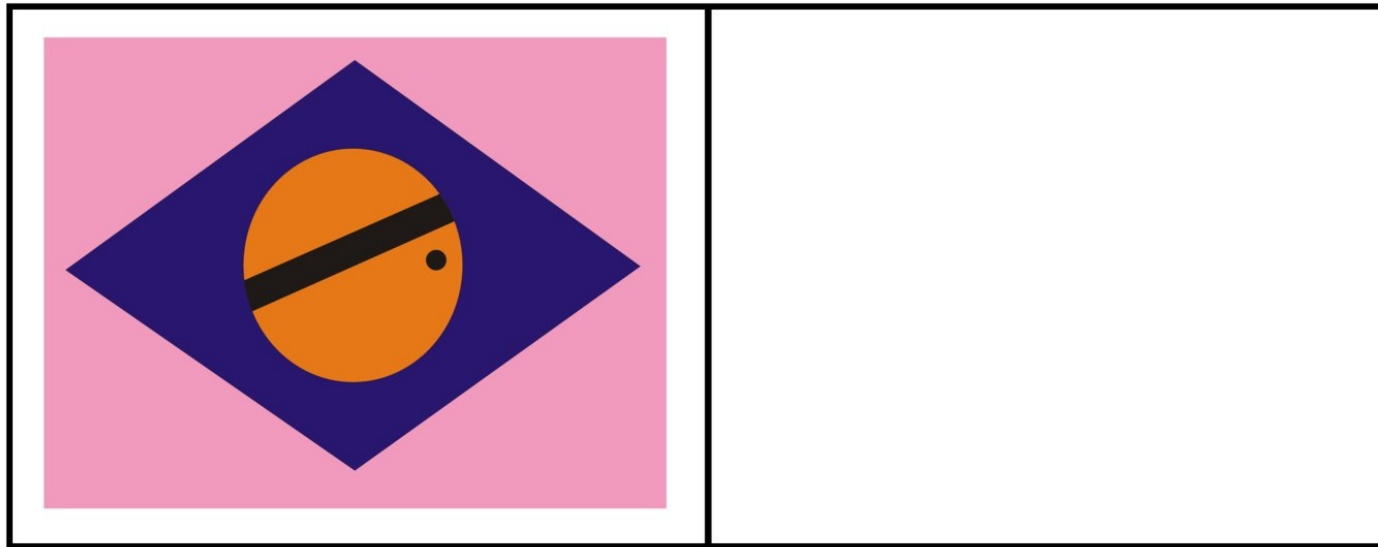
Este modelo usa a característica de que a cor **vermelha** e **verde** se cancelam, ou seja, não são vistas simultaneamente no mesmo lugar, não existe o **vermelho esverdeado!**

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.

Outras Características das Cores

After colors



Saturação na percepção de cores.

Modelo Baseado em Medidas Físicas

Ou modelos colorimétricos.

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

Modelo Psico físico

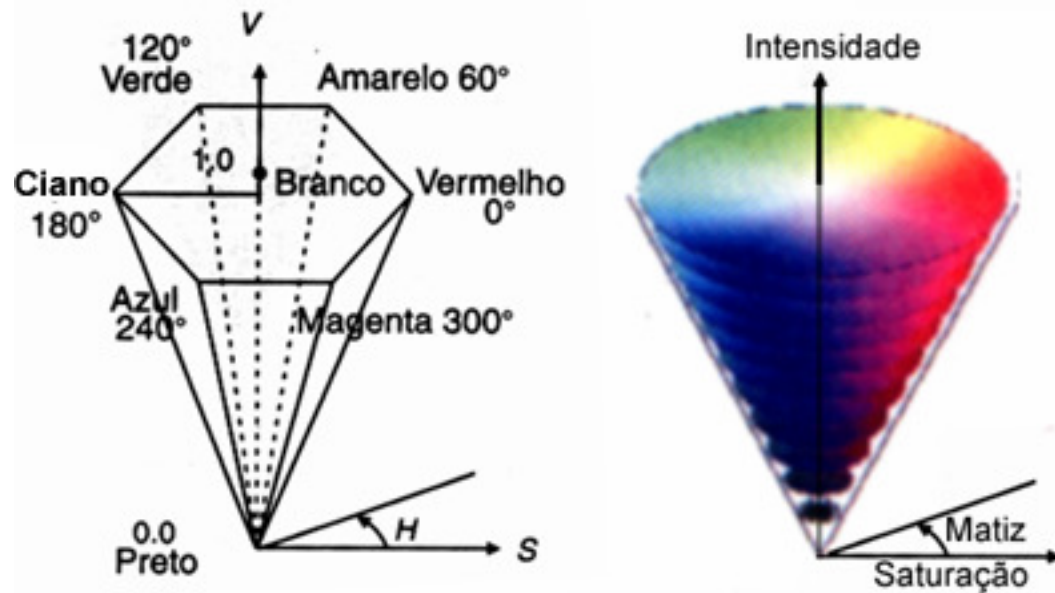
Estes tipos de espaços são baseados na percepção subjetiva da cor pelo ser humano, ou seja, como a cor e a iluminação são tratadas de formas distintas pelo sistema perceptivo, a componente de intensidade (ou brilho) nestes tipos de espaços fica desacoplada da informação cromática (matiz + saturação).

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

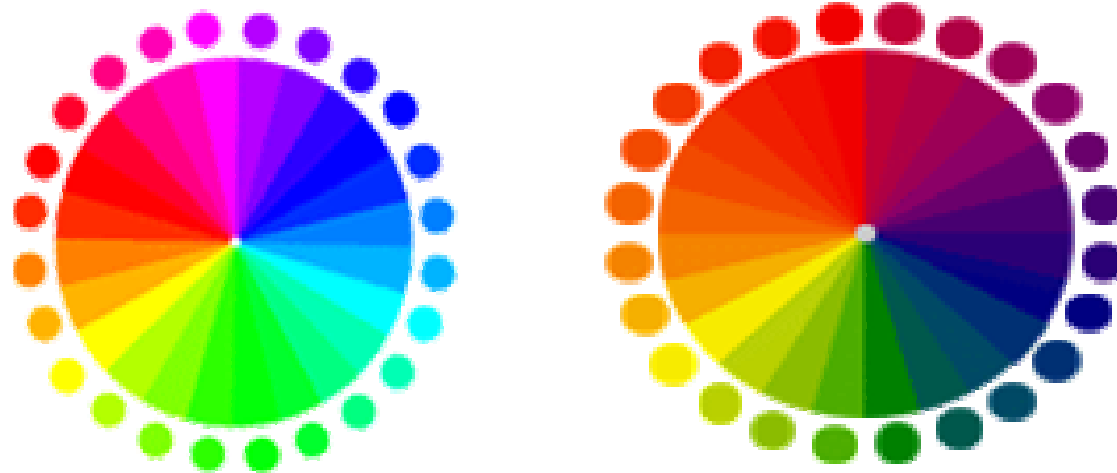
Outro exemplo é o espaço *HSV*, com as componentes Matiz (*Hue*), saturação (*Saturation*) e intensidade (*Value*).

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

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



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

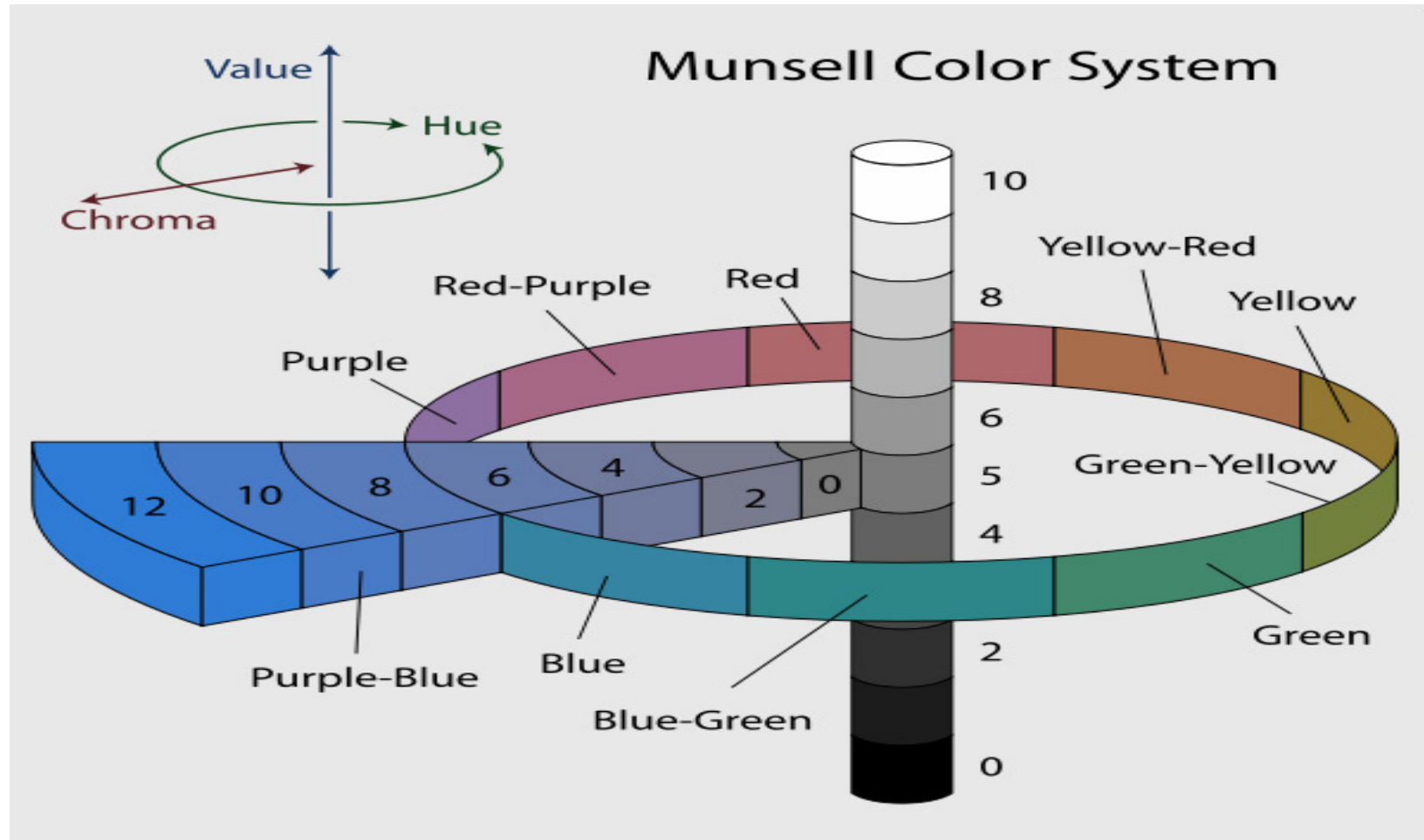


Modelos mais próximos a dispositivos ou hardwares

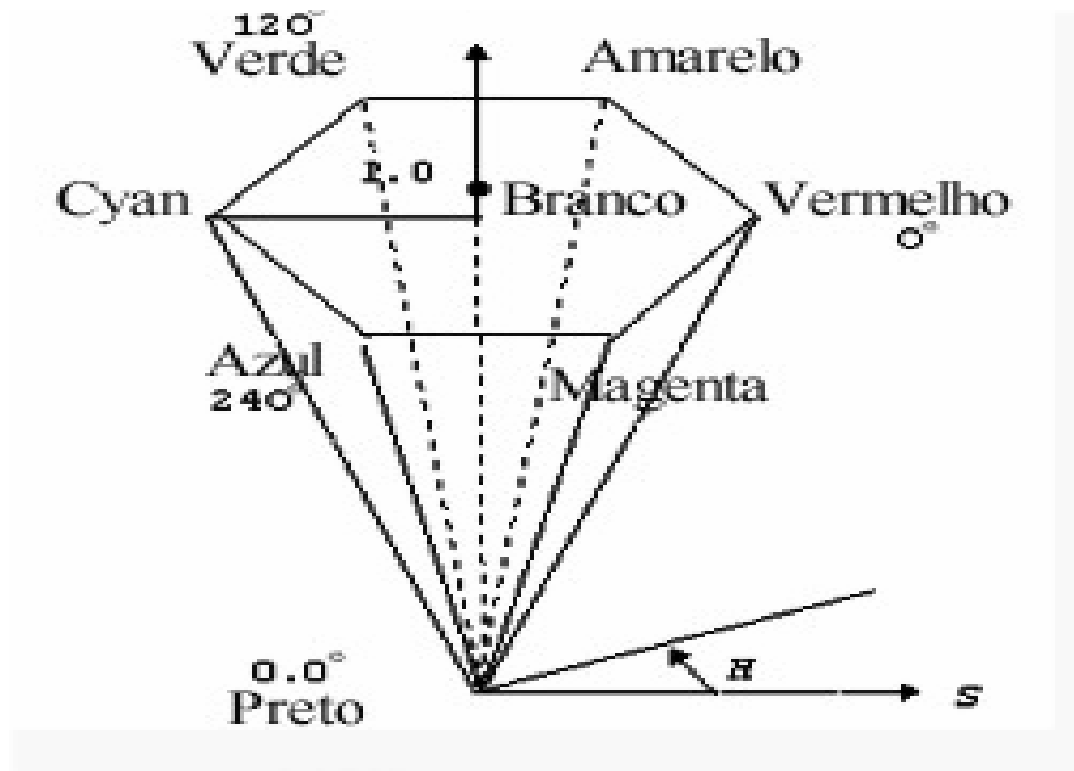
3 luzes primárias (aditivos)

3 tintas primárias (subtrativos)

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

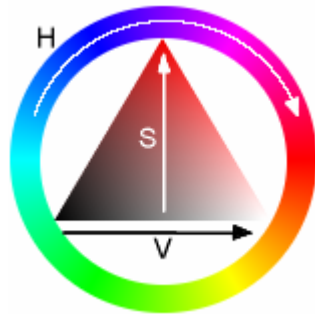


HSV



O algoritmo de RGB para HSV

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



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

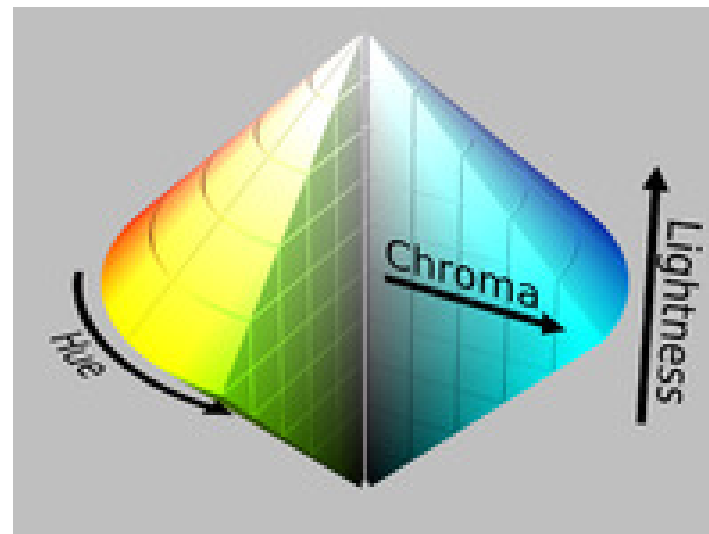
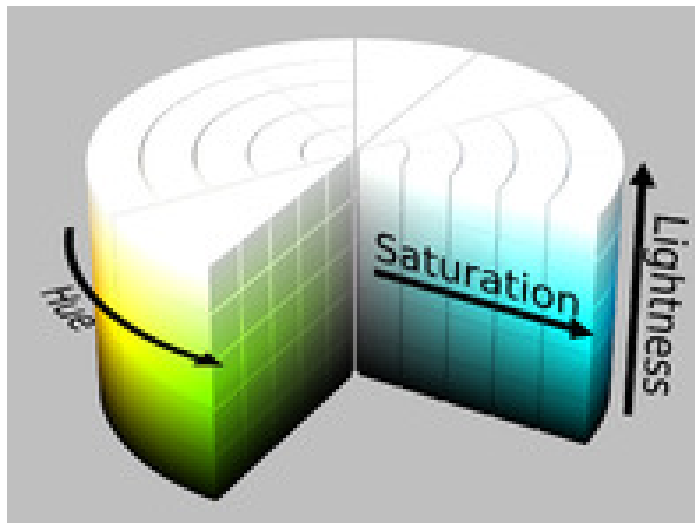
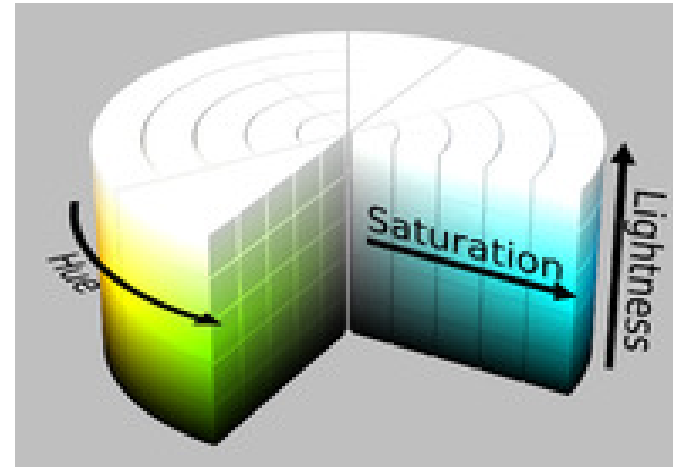
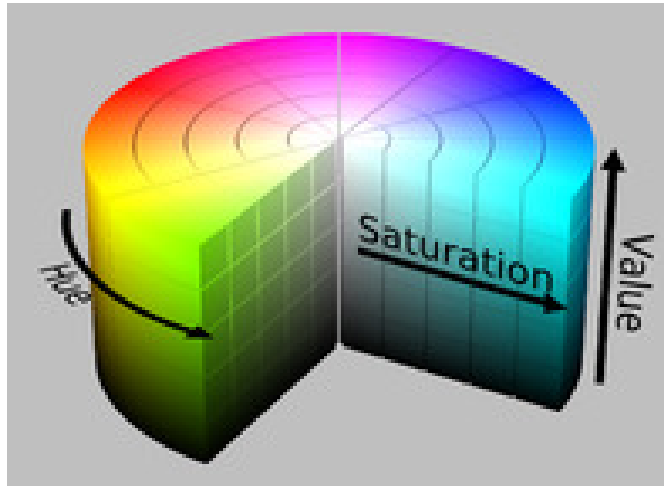
Ou para valores em graus e sendo MAX e MIN os valores máximo e mínimo, respectivamente, dos valores (R, G, B):

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

HLS

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

cuidados



Sistema Pantone

- **O Pantone é uma empresa.**

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

As cores Pantone são descritas pelo seu número.

Exemplo:

PANTONE*	PANTONE*	PANTONE*	PANTONE*	PANTONE*	PANTONE*	PANTONE*	PANTONE*
PANTONE 71 G 69 B 68 Cool Gray 8 C R 181 G 178 B 173 O :: HTML B5B0AD	PANTONE 99 G 72 B 77 182 C R 252 G 184 B 196 O :: HTML FC88C4	PANTONE 89 G 90 B 82 7485 C R 227 G 230 B 209 O :: HTML E3E8D1	PANTONE 78 G 85 B 90 290 C R 199 G 217 B 230 O :: HTML C7D9E6	PANTONE 78 G 90 B 89 317 C R 199 G 230 B 227 O :: HTML C7E8E3	PANTONE 87 G 75 B 85 356 C R 222 G 191 B 217 O :: HTML DEBFD9	PANTONE 95 G 93 B 81 100 C R 242 G 237 B 130 O :: HTML F2ED82	PANTONE 95 G 81 B 69 719 C R 242 G 207 B 176 O :: HTML F2CF80
PANTONE 64 G 63 B 62 Cool Gray 7 C R 163 G 161 B 158 O :: HTML A3A19E	PANTONE 99 G 55 B 63 183 C R 252 G 140 B 161 O :: HTML FC3CA1	PANTONE 77 G 89 B 83 7486 C R 196 G 227 B 181 O :: HTML C4E3A1	PANTONE 68 G 81 B 90 281 C R 173 G 207 B 230 O :: HTML ADCFE6	PANTONE 60 G 86 B 87 318 C R 153 G 219 B 222 O :: HTML 990BDE	PANTONE 82 G 64 B 80 257 C R 209 G 163 B 204 O :: HTML D1A3CC	PANTONE 96 G 93 B 35 101 C R 245 G 237 B 89 O :: HTML F5ED59	PANTONE 94 G 77 B 108 729 C R 240 G 196 B 198 O :: HTML F0C49E
PANTONE 59 G 58 B 57 Cool Gray 8 C R 150 G 148 B 145 O :: HTML 969491	PANTONE 97 G 36 B 46 184 C R 247 G 92 B 117 O :: HTML F75C76	PANTONE 58 G 87 B 43 7487 C R 148 G 222 B 110 O :: HTML 94DE6E	PANTONE 47 G 70 B 88 292 C R 120 G 179 B 224 O :: HTML 783E6D	PANTONE 29 G 80 B 83 319 C R 74 G 204 B 212 O :: HTML A4CCD4	PANTONE 50 G 27 B 58 258 C R 150 G 89 B 148 O :: HTML 964594	PANTONE 96 G 01 B 8 102 C R 245 G 237 B 20 O :: HTML F5EB14	PANTONE 90 G 59 B 50 721 C R 230 G 176 B 128 O :: HTML E6B880
PANTONE 53 G 53 B 52 Cool Gray 9 C R 135 G 135 B 133 O :: HTML 878785	PANTONE 90 G 5 B 18 185 C R 230 G 13 B 46 O :: HTML E60D2E	PANTONE 40 G 83 B 24 7488 C R 102 G 212 B 61 O :: HTML 6E043D	PANTONE 0 G 28 B 73 293 C R 0 G 71 B 186 O :: HTML 0047BA	PANTONE 0 G 61 B 64 320 C R 0 G 156 B 163 O :: HTML 009CA3	PANTONE 44 G 7 B 42 259 C R 112 G 18 B 107 O :: HTML 701268	PANTONE 97 G 88 B 9 Yellow C R 247 G 224 B 23 O :: HTML F7E017	PANTONE 84 G 56 B 33 722 C R 214 G 143 B 84 O :: HTML D69F54
PANTONE 45 G 45 B 45 Cool Gray 10 C R 115 G 115 B 115 O :: HTML 737373	PANTONE 81 G 5 B 17 186 C R 207 G 20 B 43 O :: HTML CF142B	PANTONE 42 G 67 B 30 7489 C R 107 G 171 B 77 O :: HTML 6BAB4D	PANTONE 0 G 22 B 51 294 C R 0 G 56 B 130 O :: HTML 003882	PANTONE 0 G 52 B 54 321 C R 0 G 133 B 138 O :: HTML 00858A	PANTONE 38 G 9 B 35 260 C R 97 G 23 B 89 O :: HTML 611759	PANTONE 77 G 68 B 15 103 C R 196 G 173 B 15 O :: HTML CAAD0F	PANTONE 75 G 45 B 16 723 C R 191 G 115 B 41 O :: HTML 0F7329
PANTONE 40 G 39 B 40 Cool Gray 11 C R 102 G 99 B 102 O :: HTML 666366	PANTONE 69 G 11 B 18 187 C R 176 G 28 B 46 O :: HTML B01C2E	PANTONE 38 G 57 B 24 7490 C R 97 G 145 B 61 O :: HTML 61913D	PANTONE 0 G 18 B 39 295 C R 0 G 46 B 99 O :: HTML 002E63	PANTONE 0 G 44 B 45 322 C R 0 G 112 B 115 O :: HTML 007073	PANTONE 36 G 11 B 31 261 C R 92 G 28 B 79 O :: HTML 5C1C4F	PANTONE 66 G 59 B 4 104 C R 168 G 150 B 10 O :: HTML A8960A	PANTONE 58 G 30 B 1 724 C R 148 G 77 B 3 O :: HTML 944D03
Refer to page 1 for Icon Definitions C = Coated Paper 52.4 C	Refer to page 1 for Icon Definitions C = Coated Paper 14 C	Refer to page 1 for Icon Definitions C = Coated Paper 10.4 C	Refer to page 1 for Icon Definitions C = Coated Paper 30 C	Refer to page 1 for Icon Definitions C = Coated Paper 34 C	Refer to page 1 for Icon Definitions C = Coated Paper 25 C	Refer to page 1 for Icon Definitions C = Coated Paper 2 C	Refer to page 1 for Icon Definitions C = Coated Paper 90 C

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)

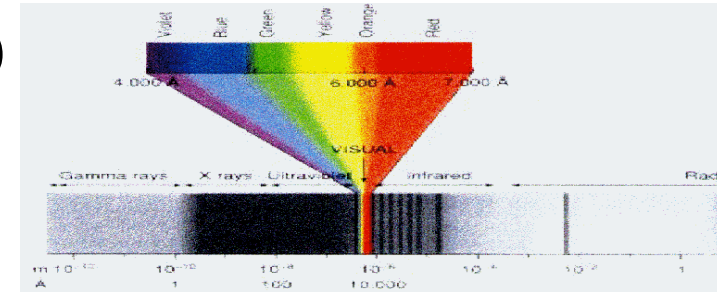


(d) Banda Azul (Blue)

Imagem colorida e cada uma de suas bandas RGB.

Iluminação

Fontes (aditivas) : - naturais (sol, fogo, estrelas)
 - artificiais (vídeo, TV, lâmpadas).

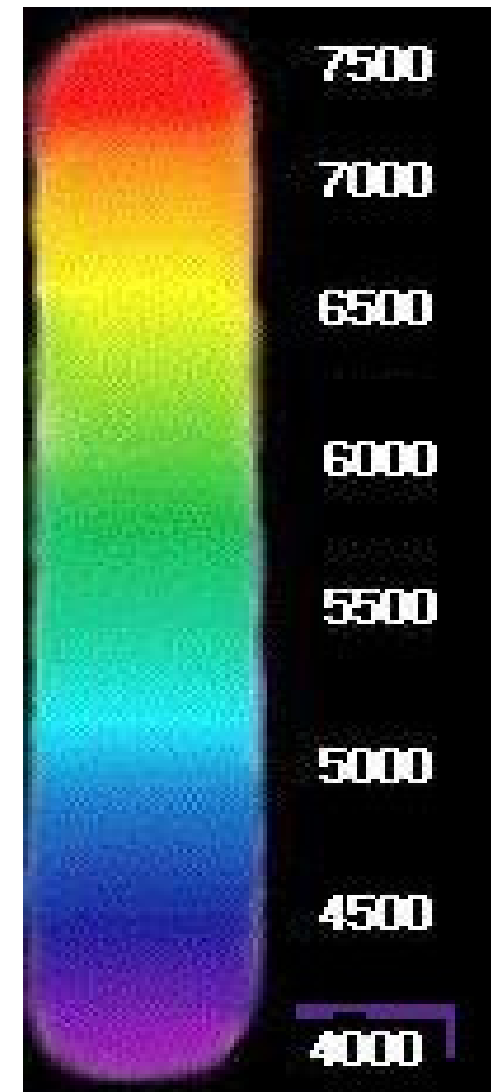


Classificação Geral	Tipos Especiais	Modelos
Incandescentes	Refletores	Vidro prensado
		Vidro soprado
Com refletor na parte esférica		
	Halógenas	-
Descarga	Baixa pressão (fluorescentes)	Com starter
		Sem starter
	De alta pressão	Vapor de Mercúrio
		Vapor metálico
		Luz mista
	Vapor de sódio	

Classificação das lâmpadas

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

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



Fontes de Iluminação

A iluminação e as cores

As características da cor de uma lâmpada são definidas por:

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

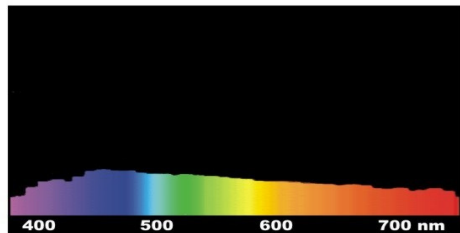
Associação entre temperatura e aparência de cor de uma lâmpada

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

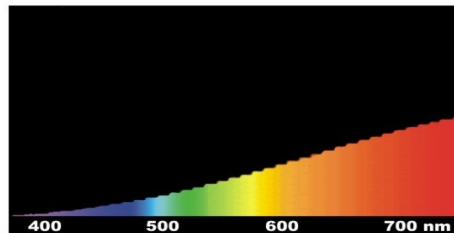
Fontes de Iluminação

Gráficos intensidade x comprimento de onda de diversas luzes

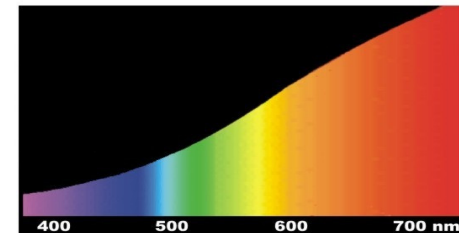
IRC=Índice de Reprodução de Cores



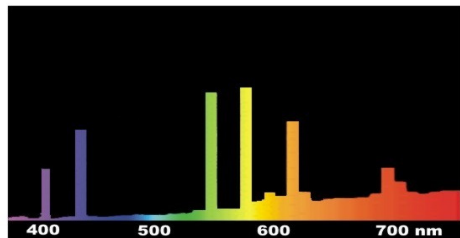
Radiação Solar



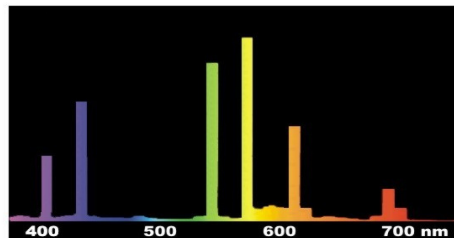
Lâmpada Incandescente



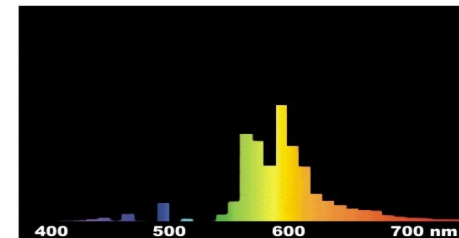
Lâmpada Halógena



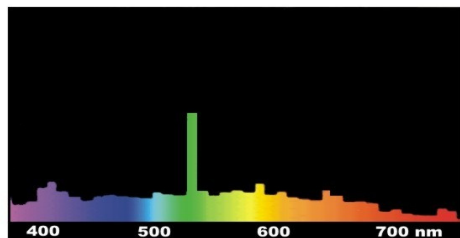
HWL Luz Mista



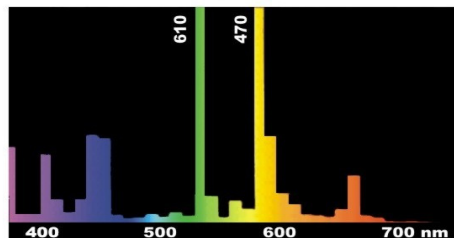
HQL Vapor de Mercúrio



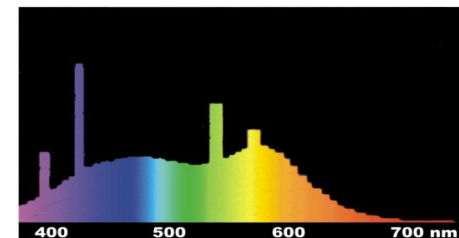
NAV Vapor de Sódio



HQL.../D Multivapores Metálicos



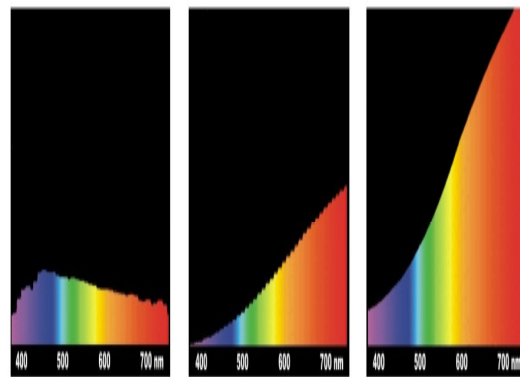
HQL.../N Multivapores Metálicos



Fluorescente Luz do Dia Especial

Exemplo de luz branca:

- Luz do dia: emissão em todas as frequências

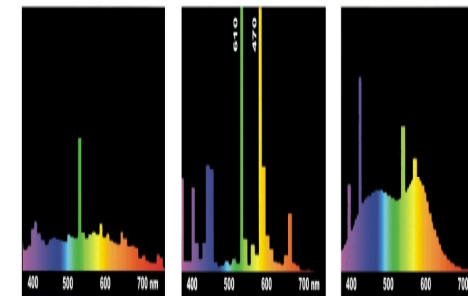


Radiação Solar

Lâmpada Incandescente

Lâmpada Halógena

Em oposição a emissão em
uma frequência predominante



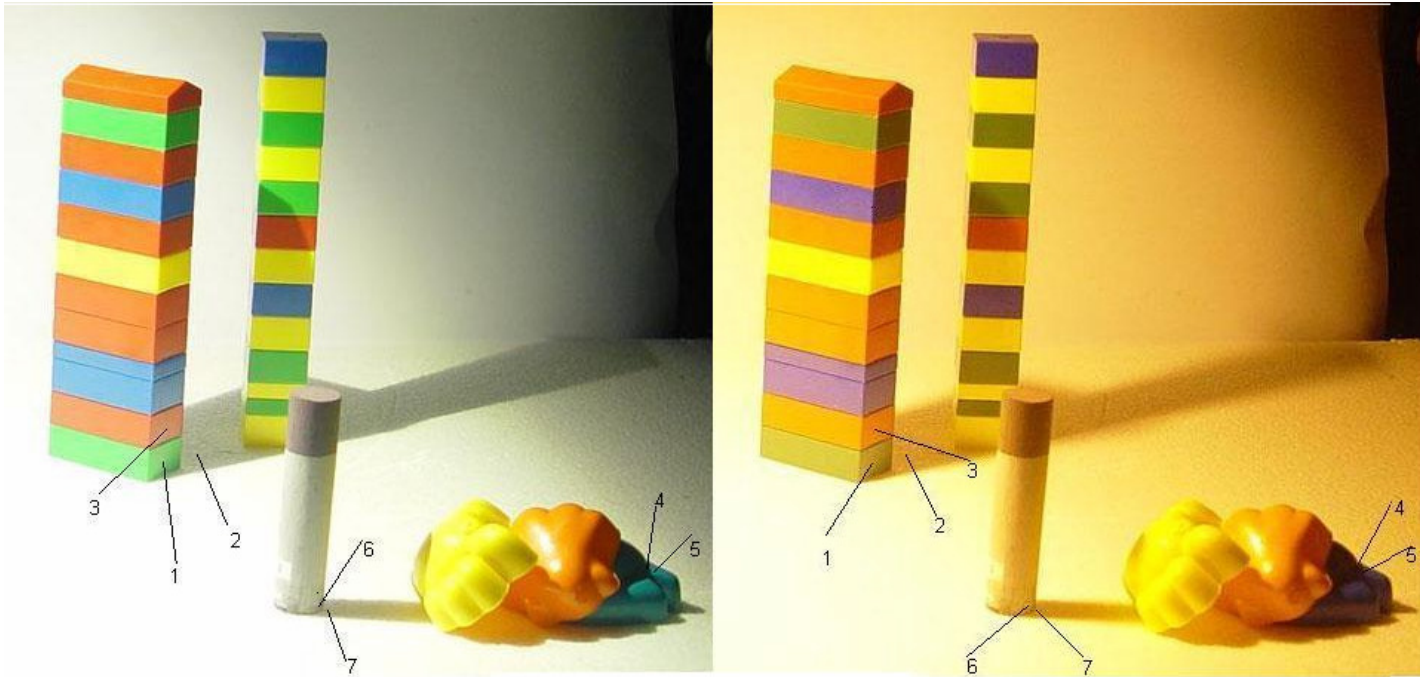
HQI...D Multivapores Metálicos

HQI...N Multivapores Metálicos

Fluorescente Luz do Dia Especial

Fontes de Iluminação

Diferença da reprodução de cor em função do iluminante



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

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



(a) Imagem Colorida



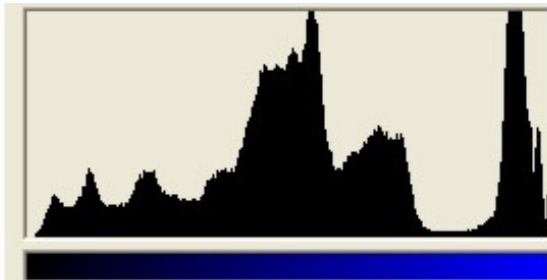
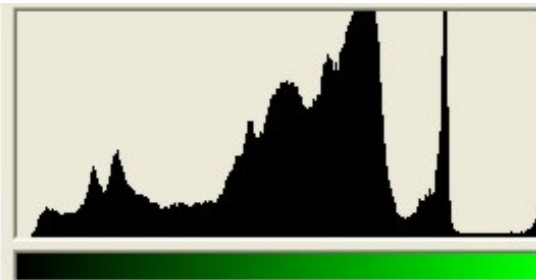
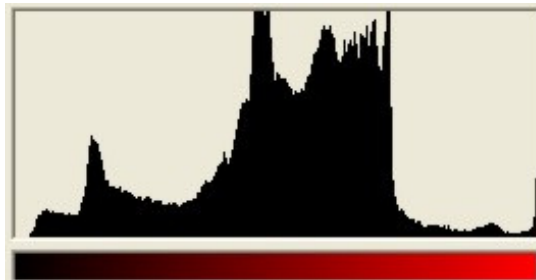
(b) Banda Vermelha (Red)

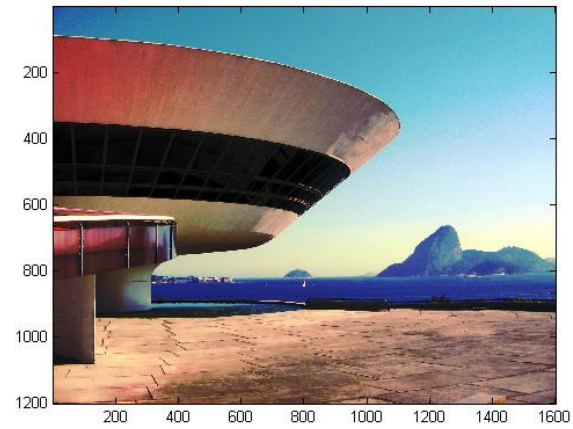
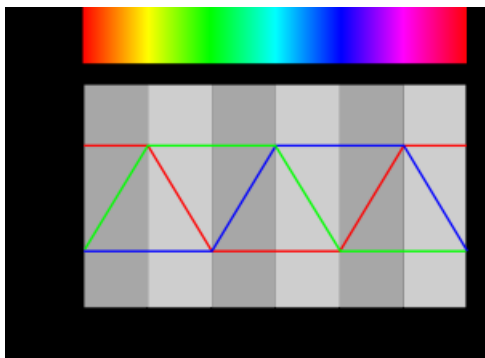
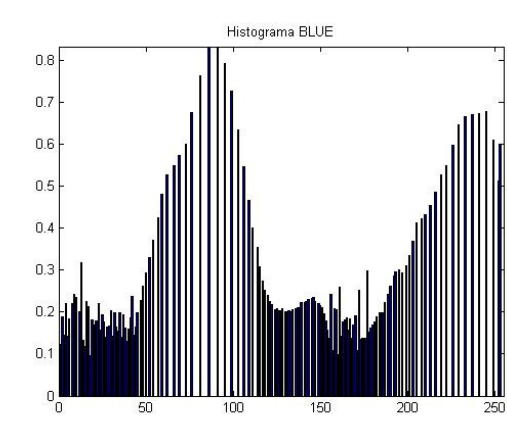
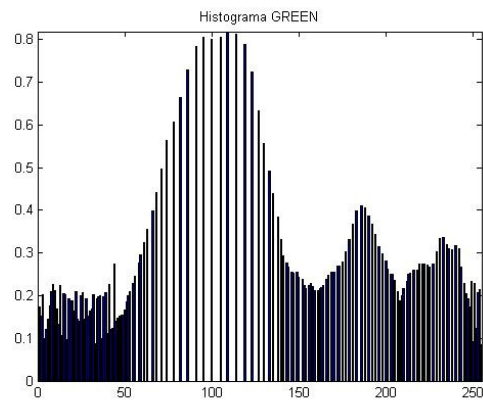
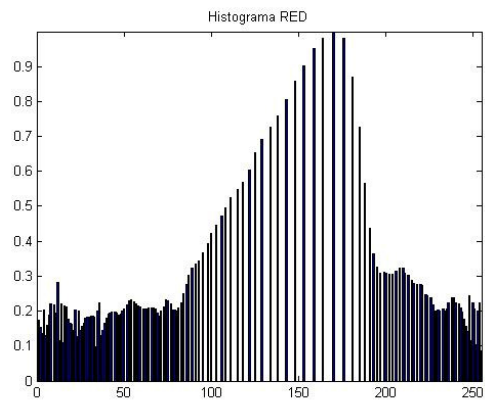


(c) Banda Verde (Green)



(d) Banda Azul (Blue)





Histograma de Imagens Coloridas

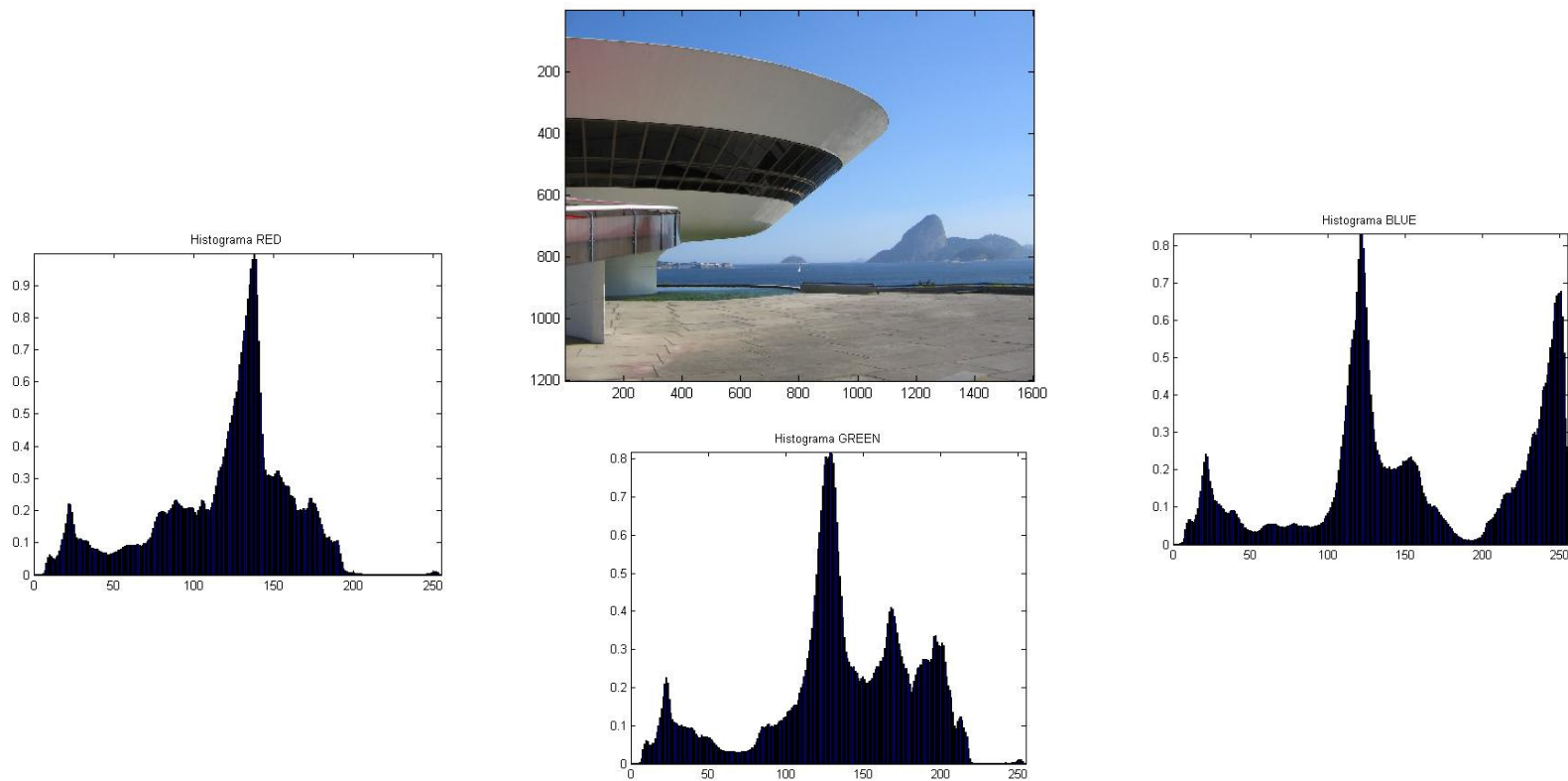


Imagem original e seus histogramas normalizados

Problema:

Quando as técnicas de mudança de histograma para imagens em **tons de cinza** são simplesmente **triplicadas** para cada um dos canais (RGB) independentemente, o resultado será o surgimento de **cores não presentes** na imagem original.

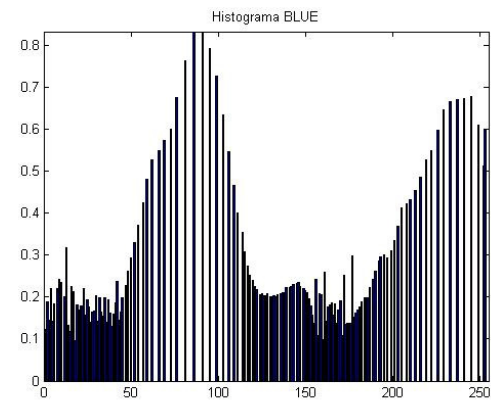
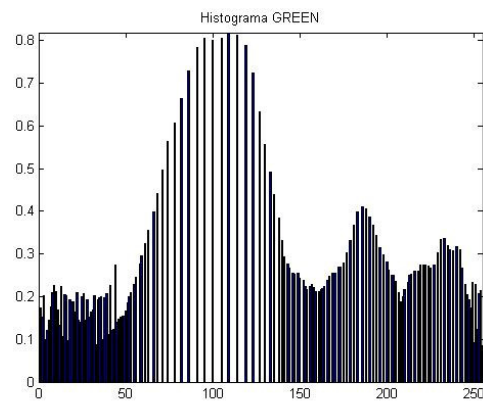
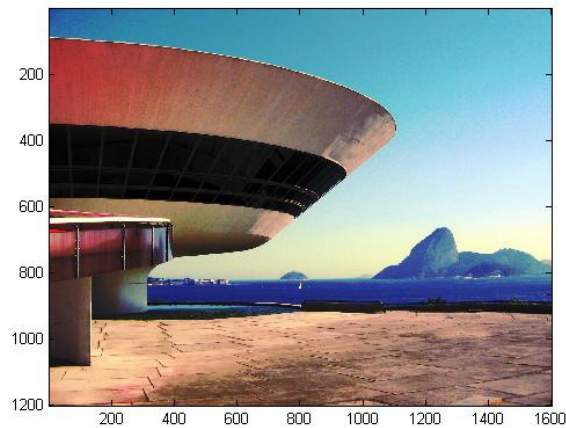
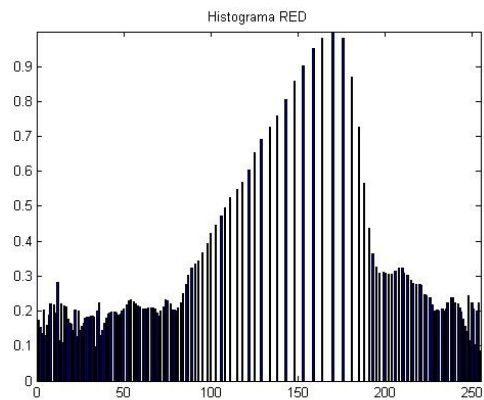
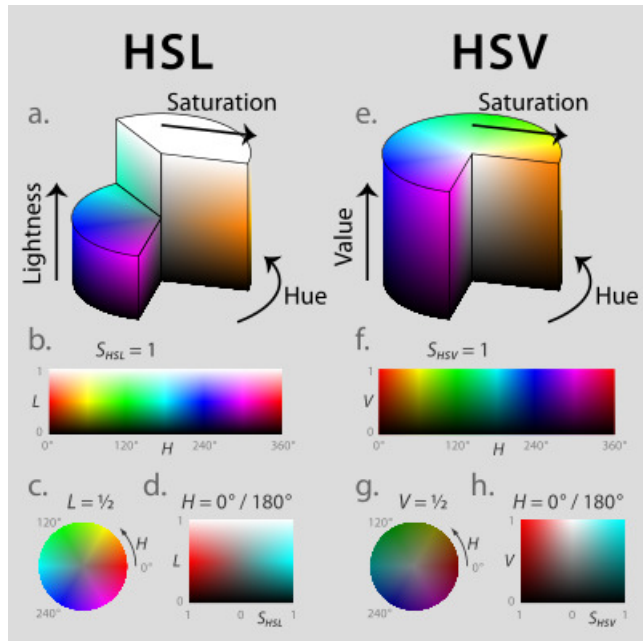


Imagem modificada por equalização e seus histogramas equalizados normalizados .

Representação da cor

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

Formas cilíndricas e cônicas



Outros sistemas

CIE XYZ $L^*a^*b^*$ $L^*u^*v^*$

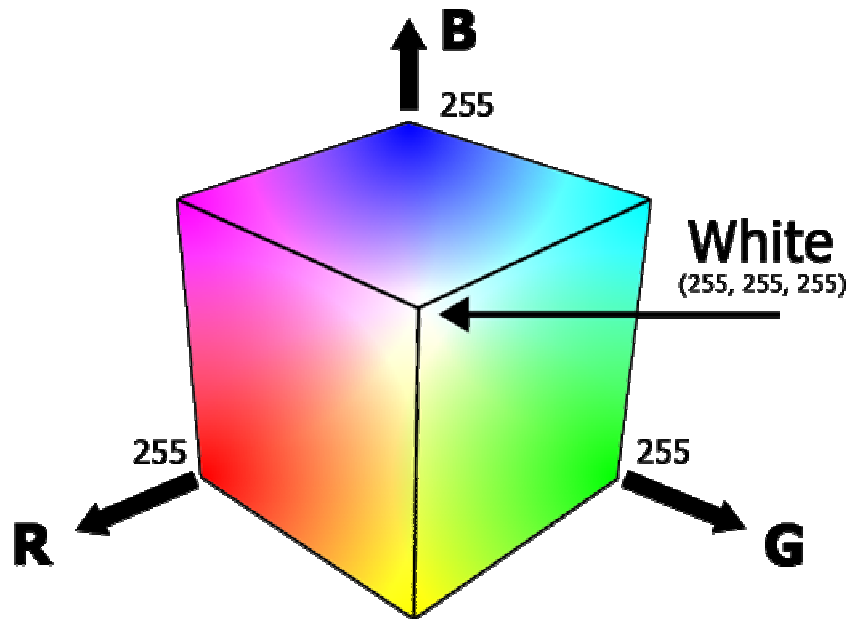
Y_{uv} $U^*V^*W^*$ YUV

YDbDr SECAM YIQ NTSC YCbCr

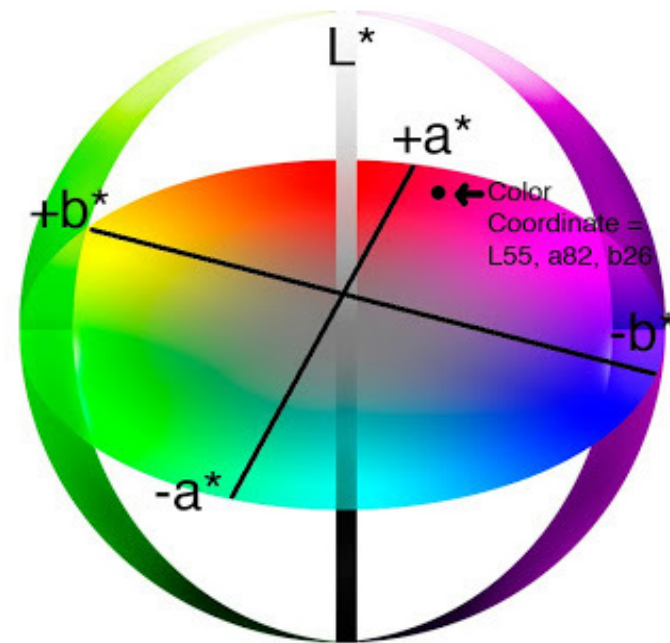
YPbPr xvYCC

LMS

VISUALIZAÇÃO GEOMÉTRICA



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



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

HISTÓRICO

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

ESPAÇO DE CORES CIELAB

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

ESPAÇO DE CORES CIELAB

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

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

YCbCr

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

RGB - > Y Cb Cr

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

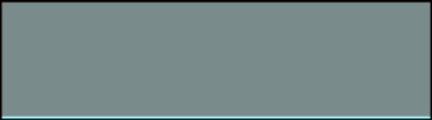





Y Cb Cr - > RGB

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

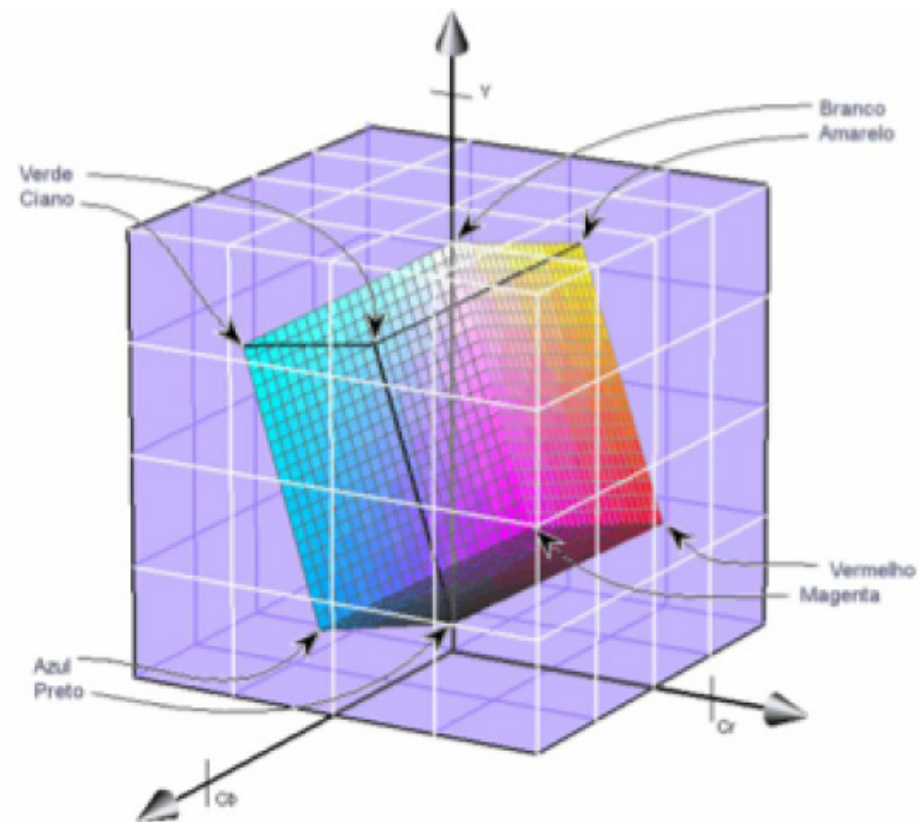
$$g = ((y - 16)) * 255 / 219 - 0.187 * ((cb - 128) * 255) / 224 - 0.4678 * ((cr - 128) * 255) / 224;$$

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

Cores análogas

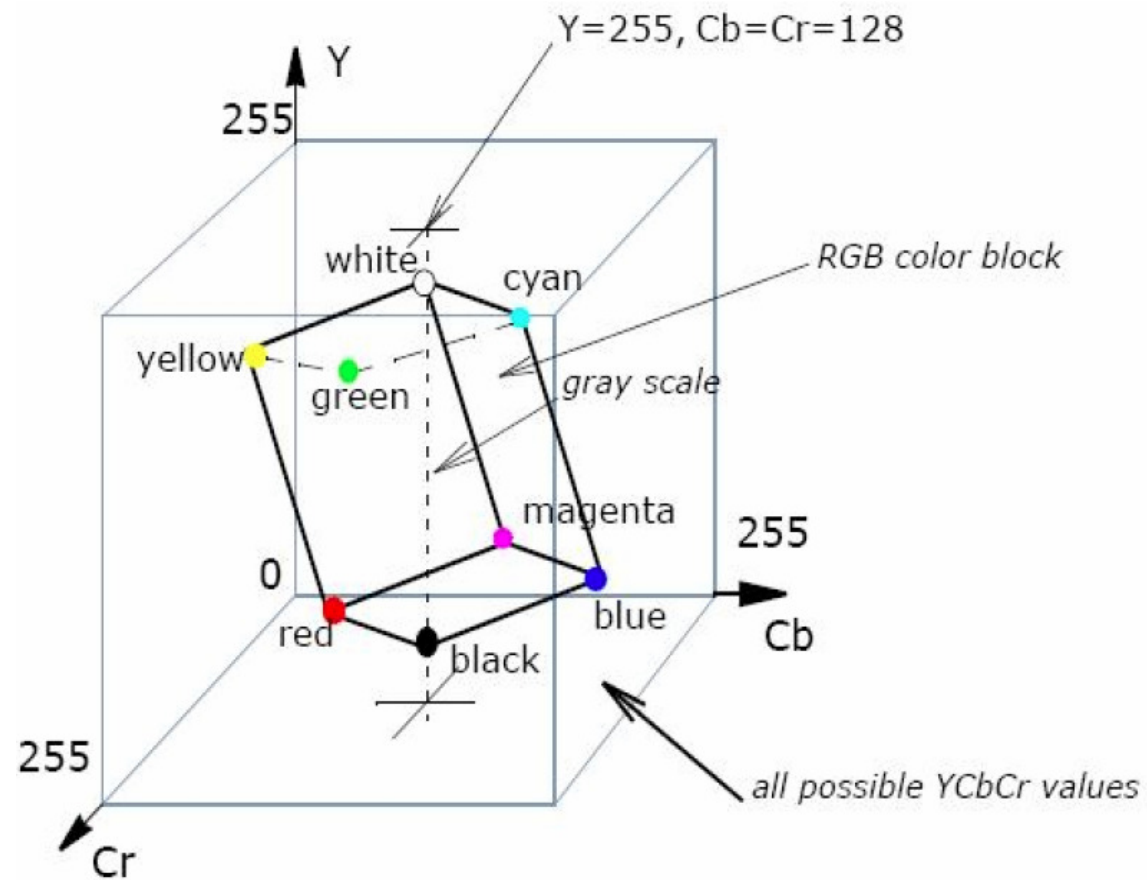
RGB	YCbCr	Cor
122 139 139	132 130 121	
52 245 255	209 142 87	
71 60 139	74 161 130	
255 0 255	78 214 229	
218 112 214	137 162 170	
255 140 0	148 55 184	

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



RGB representado nos eixos YCbCr.

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



Bibliografia Complementar

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